



TESIS – TI 142307

**PEMODELAN *VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM* PADA  
PERMASALAHAN PENGUMPULAN SAMPAH KOTA (Studi  
Kasus: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya)**

**MUKH. NASIR RAMDHANI  
2514203001**

**DOSEN PEMBIMBING  
Imam Baihaqi, S.T., M.Sc. Ph.D.  
Nurhadi Siswanto, S.T, M.SIE, Ph.D.**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN LOGISTIK DAN RANTAI PASOK  
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



TESIS – TI 142307

# **VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM MODELING ON THE PROBLEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE COLLECTION (Study Case of: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya)**

**MUKH. NASIR RAMDHANI**  
**2514203001**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Imam Baihaqi, S.T., M.Sc. Ph.D.**  
**Nurhadi Siswanto, S.T, M.SIE, Ph.D.**

**MAGISTER PROGRAM**  
**SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**  
**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING**  
**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF**  
**TECHNOLOGY**  
**SURABAYA**  
**2016**

**PEMODELAN VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM  
PADA PERMASALAHAN PENGUMPULAN SAMPAH KOTA  
(Studi Kasus : Dinas Kebersihan Dan Pertamanan Kota Surabaya)**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)

di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**MUKH. NASIR RAMDHANI**  
**NRP. 2514 203 001**

Tanggal Ujian : 11 Januari 2017  
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:

1. Imam Baihaqi, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 197007211997021001

  
(Pembimbing 1)

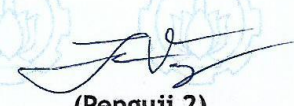
2. Nurhadi Siswanto, S.T, MSIE., Ph.D.  
NIP. 19700523 1996011001

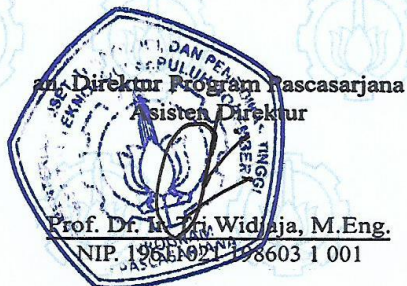
  
(Pembimbing 2)

3. Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng.  
NIP. 196811091995031003

  
(Penguji 1)

4. Prof. Iwan Vanany, ST., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP. 197109271999031002

  
(Penguji 2)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19601202 198701 1 001

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mukh. Nasir Ramdhani  
Program Studi : Magister Teknik Industri ITS  
NRP : 2514203001

Menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tesis saya yang berjudul:

### **“PEMODELAN *VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM* PADA PERMASALAHAN PENGUMPULAN SAMPAH KOTA ”**

**(Studi Kasus: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya)**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah saya tulis secara lengkap di daftar pustaka

Apabila di kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2017  
Yang membuat pernyataan

Mukh. Nasir Ramdhani

NRP. 2514203001

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PEMODELAN *VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM* PADA  
PERMASALAHAN PENGUMPULAN SAMPAH KOTA  
(Studi Kasus: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya)**

Nama Mahasiswa	: Mukh. Nasir Ramdhani
NRP	: 2514 203 001
Dosen Pembimbing	: Imam Baihaqi, S.T., M.Sc. Ph.D.
Dosen Co-Pembimbing	: Nurhadi Siswanto, S.T, M.SIE, Ph.D.

**ABSTRAK**

Kota Surabaya merupakan salah satu kota metropolitan dengan jumlah penduduk sebesar 38.847.561 jiwa pada tahun 2015 dan dengan laju pertumbuhan penduduk kota Surabaya sebesar 52% pada tahun 2015 (BPS,2015). Hal tersebut akan mempengaruhi tingkat konsumsi masyarakat Surabaya kemudian memicu permasalahan yang berkaitan dengan sampah. Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) bertanggung jawab dalam pelaksanaan pengangkutan dan penjadwalan pengangkutan sampah kota. Pada saat ini DKP masih terkendala pada sistem pengangkutan sampah yang kurang optimal dan penjadwalan keberangkatan. Kendaraan yang digunakan untuk melayani pengangkutan perlu dilakukan optimasi terhadap jumlah kendaraan yang digunakan. Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jumlah kendaraan dengan meminimasi jumlah kendaraan yang digunakan dengan penjadwalan keberangkatan kendaraan. Dengan melakukan pemodelan *vehicle assignment problem* dengan model matematis *Integer Linier Programming* (ILP) dengan rute kendaraan yang sudah ada pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Model *Vehicle Assignment Problem* menghasilkan solusi yang optimal yaitu dengan jumlah kendaraan pada rute tujuan *existing* sejumlah 19 kendaraan dari 35 rute yang ada dengan jadwal keberangkatan kendaraan pada setiap jamnya. Dari rute tujuan *existing* maka di susun rute baru menghasilkan sebanyak 13 kendaraan dari 31 rute baru yang dapat digunakan dalam proses pengangkutan sampah dengan jadwal keberangkatan kendaraan untuk masing-masing rute tujuan kendaraan dalam proses pengumpulan sampah kota. Selain itu terdapat pengaruh perubahan jumlah permintaan terhadap jumlah kendaraan yang digunakan dan jadwal keberangkatan kendaraan, jika jumlah permintaan semakin besar, maka jumlah kendaraan yang digunakan untuk pengangkutan sampah juga akan semakin bertambah.

Kata Kunci : *Assignment Problem* , *Scheduling*, *Model Optimasi*, *Pengumpulan Sampah Kota*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM MODELLING ON  
MUNICIPAL WASTE COLLECTION PROBLEM  
(Study Case: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya)**

Student Name	: Mukh. Nasir Ramdhani
NRP	: 2514 203 001
Advisor	: Imam Baihaqi, S.T., M.Sc. Ph.D.
Co-Advisor	: Nurhadi Siswanto, S.T, M.SIE, Ph.D.

**ABSTRACT**

Surabaya is a metropolitan city with a population of 38.847.561 inhabitants in 2015 and a population growth rate of 52% in 2015 (BPS,2015). Thus will affect people's consumption level which would then trigger problems related to garbage. Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) is responsible for the implementation of scheduling transportation and transporting municipal waste. Currently, DKP still constrained in scheduling departure and waste transportation system that is less than optimal. The number of vehicles used to serve the transport of garbage should be optimized. Based on the problems mentioned, this study was conducted in order to determine the number of vehicles by minimizing the number of vehicles used by scheduling the vehicle's departure time, obtained through modeling based on the vehicle assignment problem approach with a mathematical model of Integer Linear Programming (ILP) using existing vehicle's route in Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Vehicle Assignment Problem models generate an optimal solution by the number of vehicles on the existing destination routes, namely 19 vehicles from 35 existing routes with departure scheduled time of vehicles each hour. New routes are arranged from the existing destinations. In results, there are 13 vehicles of 31 new routes which can be used in the process of transporting waste with scheduled vehicle's departure time for each vehicle's destination route in the process of municipal waste collection. In addition, there are significant changes in the number of requests to the number of vehicles used and the scheduled departure time of vehicles. If the number of demands are greater, the number of vehicles used for waste transportation will also increase.

*Keywords : Assignment Problem , Scheduling, Model Optimasi, Municipal Waste Collection.*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Bersama dengan ini penulis mengucapkan puji syukur yang tiada henti kepada ALLAH SWT karena dengan segala rahmat karunia dan petunjuk-Nya dan Tak lupa shalawat berserta salam Penulis haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, selama pembuatan Tesis ini penulis telah menerima banyak bantuan, dukungan serta masukan dari berbagai pihak.

Laporan tesis ini digunakan sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Magister Teknik di bidang Logistik dan Rantai Pasok Jurusan Teknik Industri dengan judul “PEMODELAN *VEHICLE ASSIGNMENT PROBLEM* PADA PERMASALAHAN PENGUMULAN SAMPAH KOTA (Studi Kasus : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya)”.

Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini saya telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua penulis Dr. Drs. M. Ansor Anwar M.pd.dan Dra. Eny Finolia M.pd. atas segala doa-doa yang tulus serta dukungan moral dan finansial yang telah diberikan. Serta kepada Mami Elia Nur Hasanah dan kedua saudara-saudara penulis Ahmad Nur Hidayat dan Naufa Aulia Rahma atas segala bentuk dukungan kepada Penulis.
2. Rudy Akhwady (Mas Didik) yang selalu memberikan semangat dan nasihat untuk penulis dalam menyelesaikan kuliah dan tesis ini.
3. Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.Sc. Ph.D. dan Nurhadi Siswanto, S.T, M.SIE, Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya hingga penelitian ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng. dan Prof. Iwan Vanany, ST., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku penguji yang dengan pengalamannya memberikan masukan terhadap penulis, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

5. Bapak Erwin Widodo, S.T., M.Eng, D.Eng. selaku Ketua Jurusan Program Pasca Sarjana ITS yang selalu memberikan kami motivasi kami, mahasiswa pasca sarjana ITS dalam menyelesaikan studinya.
6. Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya, Pak Chalid selaku kepala Dinas Kebersihan dan Pertamanan serta seluruh jajaran staf dan karyawan Dinas Kebersihan dan Pertamanan yang sudah membantu dan memberikan semua data dan informasi untuk proses penyelesaian tesis ini.
7. Seluruh dosen pengajar Program Pasca Sarjana Jurusan Teknis Industri ITS atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh studi, serta seluruh staf dan karyawan di jurusan Teknik Industri ITS, terima kasih atas bantuannya dalam kepengurusan hingga tesis ini selesai.
8. Keluarga baru penulis “Geng Yogyakarta” yang senantiasa menemani dan memberikan dukungan yang tiada tara, Tonggeng, Aan, Tiara, Dian, Ning Opin, Defi, Hima, Putu, Atika yang selalu memberikan keceriaan selama ini.
9. Mbak Prita dan Nico yang selalu memberikan motivasi, masukan, bantuan dan hiburan terhadap proses penyelesaian tesis ini hingga akhir.
10. Teman-teman seperjuangan dalam pengerjaan tesis ini Afifah, Satiti dan Linda yang selalu memberikan informasi dan dukungan terhadap proses penyelesaian tesis ini hingga sampai selesai.
11. Junda dan rekan-rekan di Lab KOI yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.
12. Rekan-rekan S2 TI ITS angkatan 2014 ganjil dan genap yang memberikan dukungan dalam penyelesaian tesis ini dan para senior S2 TI ITS yang selalu memberikan wejangan selama perkuliahan hingga pengerjaan tesis ini.
13. Keluarga besar PHKI MANIA dan MANCUR Mamen, Bayu, Hannie, Wiwit, Hendra, Bima, Ajung, Robbin, Afid, Yoga dan Sendy yang selalu memberikan dukungan penuh terhadap untuk pribadi penulis dalam proses penyelesaian tesis ini. Dan secara khusus untuk *founder* HIMAJO yang selalu memberikan kebanggaan dalam proses perkuliahan di ITS.

14. Dan seluruh rekan, teman dan saudara penulis yang tidak memungkinkan untuk disebutkan satu-persatu. Terima kasih.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati penulis meminta maaf apabila ada kesalahan di dalam penulisan tesis ini dan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan penelitian selanjutnya.

Surabaya, Januari 2017

Mukh. Nasir Ramdhani

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR ISI**

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	15
1.3 Tujuan penelitian .....	16
1.4 Manfaat Penelitian .....	16
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	17
1.5.1 Batasan Penelitian .....	17
1.5.2 Asumsi Penelitian .....	17
1.6 Sistematika Penulisan .....	18
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	21
2.1 <i>Waste Management</i> .....	21
2.1.1 <i>Municipal Solid Waste</i> .....	21
2.1.2 Pengumpulan sampah kota .....	22
2.1.3 <i>Stationary Container System</i> .....	22
2.2 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i> .....	25
2.2.1 Formulasi VRP .....	27
2.2.2 Notasi dan Keterangan Formulasi VRP .....	29
2.3 <i>Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows (WCVRPTW)</i> .....	30
2.3.1 Formulasi WCVRPTW .....	31

2.3.2	Notasi dan Keterangan Formulasi WCVRPTW .....	32
2.4	<i>Assignment Problem</i> .....	34
2.5	<i>Route Sequencing</i> .....	36
2.6	Posisi Penelitian .....	37
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN .....		47
3.1	Tahapan-Tahapan dalam Penelitian .....	47
3.2	Model Sebelumnya.....	49
3.3	Studi Lapangan.....	49
3.4	Pengembangan Model Matematis .....	50
3.4.1	Fungsi Tujuan.....	51
3.4.2	Variabel Keputusan .....	51
3.4.3	Fungsi Kendala.....	52
3.5	Pengumpulan Data .....	52
3.6	Verifikasi Model.....	53
3.7	<i>Running Model Matematis</i> .....	54
3.8	Tahap <i>Assignment Model</i> .....	54
3.9	Pembahasan dan Analisa .....	55
3.10	Kesimpulan dan Saran.....	55
BAB 4 DESKRPSI MODEL DAN PENGUMPULAN DATA .....		57
4.1	Gambaran Umum Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya .....	57
4.1.1	Profil Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.....	57
4.1.2	Struktur Organisasi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya .....	58
4.1.3	Permasalahan Pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya .....	62
4.2	Pemodelan Permasalahan <i>Vehicle Assignment Problem</i> .....	63
4.2.1	Notasi Formulasi Matematika.....	64
4.2.2	Formulasi Matematika .....	65
4.3	Pengumpulan Data .....	67
4.3.1	Data Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	67
4.3.2	Data Lokasi Kunjungan Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	68



4.3.3 Data Waktu Tempuh Antar Lokasi Kunjungan Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	68
4.3.4 Data Rute Kendaraan Truk <i>Compactor</i> Dinas Kebersihan dan Pertamanan.....	69
4.3.5 Data Waktu Pelayanan Pada Setiap LPS .....	70
4.3.6 Data Waktu <i>Unloading</i> Kendaraan di LPA.....	70
4.3.7 Data <i>Cycle Time</i> untuk Setiap Kendaraan Dalam Melayani Rute.....	71
4.3.8 Data Jumlah <i>Demand</i> dan Ritase pada Setiap LPS .....	71
BAB 5 PEMBAHASAN DAN ANALISA .....	73
5.1 Interpretasi Hasil.....	73
5.2 Analisis Sensitivitas .....	86
5.2.1 Interpretasi Hasil .....	86
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	91
6.1 Kesimpulan .....	91
6.2 Saran .....	92
6.2.1 Saran Untuk Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya .....	92
6.2.2 Saran Untuk Penelitian Selanjutnya .....	93
DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN.....	97
BIOGRAFI PENULIS .....	145

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jumlah Penduduk dan Produksi Sampa Kota Surabaya Tahun 2011-2015 .....	3
Tabel 1. 2 Daftar LPS.....	10
Tabel 2. 1 Taksonomi VRP .....	27
Tabel 2. 2 Posisi Penelitian .....	42
Tabel 2. 3 Penelitian Sebelumnya .....	43
Tabel 5. 1 Contoh Rute Tujuan Pada Data <i>Exixting</i> .....	75
Tabel 5. 2 Rute Tujuan dan <i>Cycle Time</i> Untuk Semua Wilayah Kota Surabaya.....	76
Tabel 5. 3 Hasil <i>Running Software LINGO 11</i> pada Data <i>Existing</i> .....	78
Tabel 5. 4 Jadwal Keberangkatan Kendaraan dan Ritase Pengangkutan.....	79
Tabel 5. 5 Contoh Rute Tujuan Pada Data Rute Tujuan Baru .....	81
Tabel 5. 6 Rute Tujuan Baru dan <i>Cycle Time</i> Baru Untuk Semua Wilayah Kota Surabaya.....	83
Tabel 5. 7 Hasil Penjadwal Keberangkatan Kendaraan Truk <i>Compactor</i> Dengan Jumlah Ritasenya Pada Rute Tujuan Baru .....	84
Tabel 5. 8 Jadwal Keberangkatan Kendaraan dan Ritase Pengangkutan.....	85
Tabel 5. 9 Perbandingan Hasil Perubahan Paramater $D_i$ . .....	87

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Stationary Container System Mekanis .....	12
Gambar 1. 2 Stationary Container System Manual.....	12
Gambar 1. 3 Loading pengangkutan sampah oleh Compactor .....	13
Gambar 2. 1 <i>Route Sequencing in VRP</i> .....	37
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	48
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Dinas Kebersihan dan Pertamanan .....	59

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	97
Lampiran 2. Data Lokasi LPS Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	99
Lampiran 3. Data Waktu Tempuh Kendaraan Truk <i>Compactor</i> Antar Lokasi LPS.....	101
Lampiran 4. Data Rute Kendaraan Truk <i>Compactor</i> Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. ....	103
Lampiran 5. Data <i>Demand</i> Di LPS, Jumlah Ritase Di LPS dan Waktu Pelayanan Di LPS. ....	107
Lampiran 6. Rute Tujuan <i>Existing</i> Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	111
Lampiran 7. Rute Tujuan Baru Kendaraan Truk <i>Compactor</i> .....	115
Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan <i>Existing</i> Kendaraan .....	119
Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk.....	125
Lampiran 10. Data <i>Time Slot</i> dan <i>Cycle Time</i> Untuk Semua Rute <i>Existing</i> .....	133
Lampiran 11. Data <i>Time Slot</i> dan <i>Cycle Time</i> Untuk Semua Rute Tujuan Baru .....	135
Lampiran 12. Jadwal Keberangkatan Kendaraan Untuk Rute <i>Existing</i> .....	137
Lampiran 13. Jadwal Keberangkatan Kendaraan Untuk Rute Baru .....	139
Lampiran 14. Kode LINGO Untuk Rute Tujuan <i>Existing</i> .....	141
Lampiran 15. Kode LINGO Untuk Rute Tujuan <i>Existing</i> .....	143

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah dalam penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Sampah merupakan limbah yang dihasilkan dari adanya aktivitas manusia. Jumlah atau volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi manusia terhadap barang atau material yang gunakan sehari-hari, sehingga pengelolaan sampah tidak terlepas dari pengelolaan gaya hidup masyarakat. Penanganan pengelolaan sampah masyarakat perkotaan yang tidak maksimal akan membawa efek samping yang sangat nyata bagi kehidupan dan keberlangsungan kualitas lingkungan. Pengangkutan sampah yang tidak responsif terhadap pertumbuhan jumlah timbunan di masing-masing lahan pembuangan akan menimbulkan potensi bahaya pencemaran lingkungan. Dampak-dampak yang timbul sebagai akibat tidak optimalnya pengelolaan sampah juga akan mengancam keadaan sosial dan ekonomi masyarakat. Tata kelola sampah yang tidak optimal akan menciptakan lingkungan yang tidak sehat dan kurang menyenangkan bagi masyarakat sehingga tingkat kualitas kesehatan masyarakat juga menjadi rendah. Dampak tersebut merupakan sebagian kecil dari banyak efek berantai lain yang timbul dari pengelolaan persampahan yang tidak baik, jika hal ini dibiarkan terus menerus akan menjadi ancaman yang sangat serius bagi kehidupan masyarakat terutama masyarakat perkotaan. Sampai saat ini permasalahan sampah harus mendapatkan penanganan dengan baik terutama di perkotaan. Penanganan secara optimal ditujukan untuk mengurangi dampak sosial, ekonomi dan lingkungan dari sampah yang menumpuk yang nantinya akan

berpengaruh pada kesehatan masyarakat dan estetika kota. Sehingga banyak penelitian-penelitian yang berfokus pada isu tentang penanganan sampah untuk pencarian solusi praktis dan taktis yang mampu mengurangi dampak yang bisa ditimbulkan oleh tata kelola persampahan yang tidak baik sekaligus merancang model-model tertentu yang bisa dijadikan sebagai optimalisasi manajemen persampahan.

*Municipal solid waste* (MSW) adalah aktivitas multidisiplin yang mencakup beberapa aktivitas seperti pemisahan sumber, penyimpanan, pengumpulan, transfer dan transportasi, pengolahan dan pemulihan, dan pembuangan (Das & Bhattacharyya, 2015). Peningkatan perhatian terhadap permasalahan MSW akan meningkatkan pentingnya perencanaan atau pembuat kebijakan untuk menemukan cara yang efektif dan berkelanjutan untuk pengumpulan dan pembuangan MSW (Huang & Lin, 2015) (Xue, Coa, & Li, 2015). Ini menjadi perhatian penting bagi kota-kota dengan jumlah penduduk yang tinggi seperti kota Surabaya.

Kota Surabaya merupakan salah satu Kota metropolitan dengan jumlah penduduk terbesar di wilayah Jawa Timur. Jumlah penduduk ini akan mempengaruhi tingkat konsumsi masyarakat Surabaya, kemudian memicu permasalahan yang berkaitan dengan sampah. Hal ini terkait dengan jumlah produksi sampah yang meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk dan kecenderungan masyarakatnya yang konsumtif serta masih kurangnya kesadaran terhadap kebersihan lingkungan. Untuk itu, perlu adanya penanganan pengelolaan sampah Kota yang baik oleh pihak pemerintah Kota Surabaya melalui Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP). Dinas Kebersihan dan Pertamanan selaku pihak pengelolaan sampah dan kebersihan di Kota Surabaya. Pada Peraturan Daerah kota Surabaya nomor 5 tahun 2014 pasal 14 menyebutkan, dalam proses penanganan sampah meliputi kegiatan: pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengelolaan dan pemrosesan akhir sampah. DKP menyediakan beberapa tempat untuk pengumpulan sampah pada setiap wilayah permukiman dan menyediakan kendaraan pada setiap wilayah tersebut ke tempat pemrosesan akhir. Data dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan menunjukkan bahwa pada setiap tahunnya

terjadi peningkatan produksi sampah yang masuk pada Lahan Pembuangan Akhir (LPA) Benowo. Berikut menunjukkan pertumbuhan jumlah jumlah produksi sampah pada tahun 2011 hingga tahun 2015. Sesuai pada Tabel 1.1:

Tabel 1.1 Jumlah penduduk dan Produksi Sampah Kota Surabaya tahun 2011-2015.

<b>Data Sampah</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Jumlah penduduk	3.024.32 1 jiwa	3.125.57 6 jiwa	3.200.46 0 jiwa	2.853.66 1 jiwa	2.943.52 8 jiwa
Produksi/timbunan sampah (timbunan sampah 3 liter/orang/hari	9.072,96 m3/hari	9.376,75 m3/hari	9.601,38 m3/hari	9.185,95 m3/hari	9.475,21 m3/hari
Volume sampah yang masuk di Benowo	3.833,4 m3/hari	3.897,57 m3/hari	4.647,33 m3/hari	4.853,33 m3/hari	4.926,3 m3/hari
Volume dalam tonase	1.150,02 ton/hari	1.169,27 ton/hari	1.294,20 ton/hari	1.455,9 ton/hari	1.477,65 ton/hari

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan

Permasalahan sampah di Kota Surabaya penting untuk diselesaikan. Volume sampah secara signifikan bertambah sementara pengangkutan sampah dengan armada pengangkutan yang belum optimal digunakan, sehingga Pemerintah Kota Surabaya perlu melakukan strategi untuk dapat mengatasi permasalahan yang berkaitan dengan timbunan sampah yang dihasilkan oleh masyarakat, salah satu strateginya dengan penanganan pengangkutan sampah kota. Yang menjadi kegiatan operasional Dinas Kebersihan dan Pertamanan dalam kegiatan pengelolaan sampah perkotaan di Surabaya yaitu kegiatan pengangkutan oleh kendaraan dan penjadwalan keberangkatan pengangkutan

sampah. Pada kegiatan pengangkutan, kendaraan yang di operasikan oleh DKP harus mengangkut sejumlah sampah dari tempat pengumpulan di setiap Lahan Pembuangan Sementara (LPS) yang tersebar di beberapa wilayah kota Surabaya untuk di angkut menuju Lahan Pembuangan Akhir (LPA). Kegiatan pengangkutan tersebut meliputi rute yang harus ditempuh oleh setiap kendaraan untuk melayani permintaan pengangkutan sampah di sejumlah LPS. Setiap kendaraan yang muatannya terisi penuh atau mendekati kapasitas muatan dari LPS harus menuju ke LPA untuk pembuangan sampah dan kemudian kendaraan harus langsung kembali ke depot untuk mengakhiri rute pengangkutan pada waktu operasional kendaraan dalam satu hari.

Sedangkan pada penjadwalan pengangkutan, kendaraan dapat memulai proses pengangkutan sampah menuju sejumlah LPS setelah jam buka depot. Setiap kendaraan yang berangkat untuk memulai pengangkutan harus mempunyai jadwal keberangkatan yang pasti untuk setiap rute yang akan ditempuh. Hal ini akan mempengaruhi jumlah kendaraan yang digunakan untuk melayani pengangkutan sampah di semua LPS. Kendaraan juga harus mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menempuh perjalanan dari titik awal menuju titik tujuan dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengangkutan sampah di setiap LPS serta waktu untuk proses pembuangan muatan di LPA. Sehingga dalam rute yang terbentuk oleh masing-masing kendaraan dapat mengakomodasi waktu pelayanan masing-masing LPS dan waktu pelayanan di LPA untuk semua kendaraan yang datang serta waktu perjalanan kendaraan dalam satu kali tur, dimana setiap kendaraan memiliki tur dari depot menuju sejumlah LPS kemudian menuju LPA dan langsung kembali dan berakhir di depot yang sama.

Permasalahan yang menjadi karakteristik dari pengangkutan sampah di Kota Surabaya adalah adanya LPA yang harus dikunjungi oleh setiap kendaraan untuk proses *unloading* sebelum kendaraan kembali ke depot. Dalam hal ini, lokasi LPA mempengaruhi rute yang ada untuk proses pengumpulan sampah. Sistem pengangkutan sampah dapat dimodelkan sebagai varian dalam masalah *vehicle routing problem* (VRP) dengan adanya rute majemuk dan fasilitas antara

(*intermediate facility*) (Fitria, Susanto, & Suprayogi, 2009). Menurut (Bodin, Golden, Assad, & Ball, 1981) dalam permasalahan distribusi melibatkan beberapa pertimbangan utama meliputi rute kendaraan, armada kendaraan, sampai pada penjadwalan kendaraan. Dengan beberapa jenis tujuan yang terkait dengan minimalkan kendaraan, jarak tempuh kendaraan, biaya total, biaya perjalanan kendaraan dan tujuan lainnya sesuai dengan karakteristik permasalahan. Dalam penyelesaian permasalahan proses pengumpulan sampah dapat dilakukan sesuai tujuan dan keadaan objek penelitian, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya untuk mengembangkan pengelolaan sampah perkotaan yang efektif dan berkelanjutan.

Pengembangan model transportasi yang sesuai dengan tujuan dan karakteristik permasalahan sudah banyak dilakukan. Beberapa di antaranya adalah dari (Suthukarnnarunai, 2008) yang menunjukkan *vehicle routing problem* dengan menggunakan metode *sweep heuristic* dengan 2 optimasi perubahan dan *traveling salesman tours* dan model *integer programming* untuk model VRP *Split Delivery* dalam menentukan rute terbaik untuk mengambil dan mengirim barang kepada konsumen dari/untuk tujuan dan depot. Penelitian ini menemukan bahwa model *integer programming* memberikan hasil yang optimal dari beberapa kasus dan kegagalan dalam beberapa kasus juga, namun *sweep heuristic* memberikan solusi yang baik untuk semua kasus dalam waktu komputasi yang sebentar. Hasilnya penelitian ini menunjukkan penghematan penggunaan kendaraan dengan peningkatan kapasitas dari kendaraan. Penelitian lain yang mengembangkan model VRP dilakukan oleh (Amico, Monaci, Pagani, & Vigo, 2007) dengan mengembangkan *heuristic* sisipan dan algoritma *metaheuristic* untuk *fleet size and mix vehicle routing problem with time windows* (FSMVRPTW) dimana peneliti menambahkan fungsi pembatas waktu untuk setiap konsumen harus dilayani oleh kendaraan. Fungsi tujuan dari penelitian tersebut adalah minimasi biaya total yang terbentuk dari biaya tetap kendaraan dan biaya rute perjalanan. Hasilnya algoritma *metaheuristic* berjalan secara efisien untuk permasalahan dengan kendaraan yang berbeda-beda.

Pengelolaan sampah Kota di Surabaya perlu dilakukan agar sampah yang sudah terkumpul di setiap LPS dapat dengan cepat di angkut menuju LPA dan agar mengurangi penumpukan sampah pada setiap LPS. Penelitian mengenai sampah kota (*municipal solid waste*) merupakan topik yang menarik karena masalah efisiensi dan kecepatan penanganan sampah kota yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pengumpulan, pengangkutan dan penjadwalan. (Das & Bhattacharyya, 2015) mengoptimasi pengumpulan sampah kota dan rute transportasi di Kolkota India. Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan pengumpulan sampah kota dan skema transportasi yang fokus pada permasalahan meminimasi jarak pada masing-masing pengumpulan sampah dan rute transportasi dengan menggunakan metode *heuristic* untuk menentukan langkah optimal. Sedangkan (Xue, Coa, & Li, 2015) mengoptimasi pengumpulan sampah di Singapura. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana alokasi yang efektif dan efisien dari insinerasi sumber sampah terhadap perbedaan area Kota, dengan menggunakan model spasial penelitian ini dapat diterapkan di Singapura. Pada penelitian (Huang & Lin, 2015) membahas rute kendaraan dan penjadwalan dari sistem pengumpulan sampah kota dengan mengoptimasi formulasi dua tingkat pada model *split delivery vehicle routing problem* dengan banyak perjalanan untuk menentukan rute jarak minimum. Dengan menggunakan dua tahap penyelesaian dimana tahap pertama adalah mengoptimalkan pengumpulan pada seluruh titik dan tahap kedua dengan menggunakan metode *heuristic* untuk menyelesaikan minimum kendaraan yang digunakan dan jarak tempuh dari pengumpulan sampah.

Adanya korelasi antara permasalahan transportasi kendaraan pengangkutan dengan pengelolaan *municipal solid waste* telah menjadi isu terkini di berbagai Negara khususnya pada kota-kota besar. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Fitria, Susanto, & Suprayogi, 2009), penelitian tersebut bertujuan untuk menentukan rute pengumpulan dan pengangkutan sampah di kota Bandung. Dengan berdasarkan model *vehicle routing problem* dengan menambahkan *intermediate facility* sebagai titik kunjungan terakhir sebelum kembali ke depot, dimana setiap kendaraan harus mengunjungi LPA pada akhir rute. Model yang

digunakan oleh peneliti adalah *Vehicle Routing Problem with Multiple Trips and Intermediate Facility* (VRPMTIF). Penentuan rute pengumpulan sampah diselesaikan dengan menggunakan algoritma *sequential insertion* dengan dilakukan uji data jarak dan waktu pelayanan yang didapatkan dari Perusahaan Daerah Kebersihan Kota Bandung. Hasil yang didapatkan dari perhitungan, memperlihatkan bahwa jumlah kendaraan dan *completion time* pada setiap wilayah di Kota Bandung. Penelitian lain yang berfokus dalam penugasan kendaraan yang berbeda untuk permasalahan rute kendaraan pengumpulan sampah dengan adanya fasilitas antara (*intermediate facility*), oleh (Markov, Varone, & Bierlaire, 2016). Dengan menggunakan model *Mix Integer Linier Programming* (MILP) untuk menyelesaikan contoh nyata dengan tujuan menggunakan metode *heuristic multiple neighborhood search* yang memiliki kemampuan secara sistemis dengan menganggap semua permasalahan ke depan secara umum cukup untuk menjawab variasi karakteristik dari studi kasus di wilayah industry Geneva, Switzerland. Dimana hasil dari penelitian tersebut menunjukkan metode *heuristic* mencapai optimal pada contoh kecil dan memperlihatkan kinerja yang kompetitif dalam perbandingan *state of the art* dari metode pencarian solusi.

Penelitian mengenai transportasi pengumpulan sampah oleh kendaraan truk pengangkut yang memiliki rute tujuan tertentu dengan model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan kasus pada *Municipal Waste Collection* telah dibahas pada penelitian dari (Buhrkal, Larsen, & Ropke, 2012), penelitian tersebut membahas bagaimana untuk mengumpulkan sampah dengan jalan yang efisien. Penelitian *Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows* (WCVRPTW) yang fokus untuk menemukan biaya dengan rute yang optimal untuk truk sampah sehingga semua sampah dapat dikosongkan di angkut menuju lokasi pembuangan dengan memenuhi waktu pelayanan masing-masing *customer* dan mempertimbangkan durasi waktu berhenti kendaraan untuk beristirahat di antara *arc* ( $i, j$ ) dalam satu kali operasional truk sampah. Dengan tujuan untuk mengusulkan algoritma *adaptive large neighborhood search* untuk menyelesaikan permasalahan dan menggambarkan kegunaan algoritma tersebut dapat

meningkatkan tujuan. Hasil yang didapatkan menunjukkan hasil yang lebih baik pada penerapan di kasus nyata dengan perbaikan yang dicapai.

Pada penelitian lain menunjukkan proses penjadwalan truk untuk pengangkutan sampah, (Li, Borenstein, & Mirchandani, 2008) dengan mendesain penjadwalan truk harian dengan mengatur perjalanan pengumpulan sampah, dimana setiap truk memiliki rute yang tetap dan muatan kosong dalam beberapa operasional di tempat daur ulang. Tujuannya adalah meminimalkan total biaya operasional dan biaya tetap truk. Dengan pendekatan *heuristic*, menggabungkan *anauction algorithm* dan metode *dynamic penalty*, hasil yang didapatkan menunjukkan pendekatan *heuristic* secara simultan mengurangi total biaya dan seimbang antara jumlah truk yang ditugaskan untuk masing-masing fasilitas daur ulang. Pada (Huang & Lin, 2015) juga menjelaskan tentang penjadwalan, dimana rute penjadwalan pengumpulan sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jumlah pemberhentian, jumlah akumulasi sampah, akses jalan, jadwal pekerja, dan kapasitas kontainer. Tujuannya yaitu meminimalkan total frekuensi kunjungan pada titik-titik pengumpulan dan menentukan rute yang efektif dalam jarak perjalanan pengumpulan sampah. Hasilnya menunjukkan bahwa *Ant Colony Optimization* digunakan untuk meningkatkan rute masa depan dengan minimal kendaraan yang digunakan dan jarak yang ditempuh serta memastikan interval waktu antara dua pelayanan yang berurutan tidak terlalu pendek.

Karakteristik dari objek penelitian ini yakni Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya yang memiliki daerah operasi yang meliputi wilayah Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Barat, dan Surabaya Pusat. Dinas Kebersihan dan Pertamanan memiliki 37 truk *Compactor* dengan kapasitas 40 kontainer sampah dan dioperasikan untuk melayani pengangkutan sampah di 60 LPS yang tersebar di seluruh wilayah kota Surabaya. Setiap LPS mempunyai permintaan pengangkutan sampah yang bersifat *deterministic*. Dengan kendaraan yang dapat digunakan dan jadwal pengangkutan sampah yang mengharuskan dalam satu hari semua LPS harus di angkut, maka akan membentuk rute pengangkutan oleh masing-masing truk *compactor*. Dimana



rute pengangkutan sudah ditetapkan sebelumnya oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan. Dari rute ada tersebut disesuaikan dengan sistem penugasan kendaraan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan. Berikut merupakan daftar LPS yang dilayani dengan kendaraan truk *Compactor*, Sesuai pada tabel 1.2 pada halaman berikutnya:

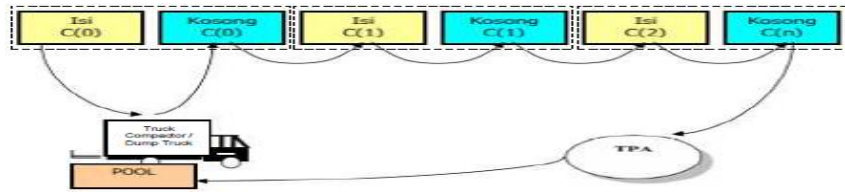
Tabel 1.2 Daftar LPS

LPS yang Dilayani Dinas	
Lps Srikana	Siola
Jl. Pandegiling	Lps Tambak Rejo
LPS Pandegiling	Ps. Keputran
Urip Sumoharjo	Saluran Dinoyo
Embong Malang	Saluran Darmokali
Jl. Karet	PS. Bunga Kayon
JMP	Saluran Darmawangsa
Kemayoran Baru	Saluran Wonorejo
Lps Bratang	Kedungsari
Taman Bungkul	Lps Simpang Dukuh
Taman Sulawesi	Lps Candipuro
Taman Lansia	Taman Apsari
Kantor PMI (Embong Ploso)	PS. Genteng
Taman Prestasi	Taman Ekspresi
Balai Pemuda	Lps kendalsari
Kantor DRPD	Kebun Bibit Wonorejo
Jogging Track Pusura	Lps Peneleh
ST. Gubeng	Lps Demak
PDAM	Lps Sulung Kali
Lps Gayung Pring	Lps Endroso
LPS Semut Kali	Lps Joyoboyo
Lps Ngagel	Lps Sepanjang Raya Prapen
Lps Boktong	Lps Sutorejo
Taman Flora	JL. Larangan
Kalisumo	Lps Bukit Barisan
Lps Ketampon	Lps Unesa
RS. Bhayangkara	Lps Siwalankerto
Monumen Polisi Istimewa	LPS Legundi
Lps Jemur Wonosari	LPS Kedunganyar
Lps Kayon	LPS Pasar Kembang

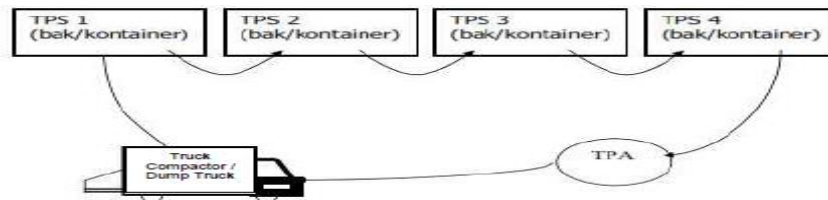
Sumber: Data Dinas Kebersihan dan Pertamanan

Dinas Kebersihan dan Pertamanan tentunya memiliki sejumlah LPS yang harus dipenuhi kebutuhan pengangkutannya dengan masing-masing kendaraan sudah mempunyai rute yang harus dilalui. Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya masih terkendala adanya sistem pengangkutan sampah yang kurang optimal dalam hal jumlah kendaraan yang digunakan dan jadwal keberangkatan kendaraan pada setiap rute untuk melayani pengangkutan. Sehingga dapat mempengaruhi kinerja pelayanan seperti tingkat utilitas dari kendaraan yang digunakan, tingkat pemenuhan kapasitas truk, dan waktu operasional kendaraan yang dilihat dari *cycle time* tiap kendaraan dalam melayani pengangkutan sampah. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan dalam kinerja pengangkutan sampah oleh kendaraan sehingga sampah terangkut dengan baik dan dapat menjamin bahwa setiap kendaraan yang beroperasi dengan maksimal untuk kegiatan pengumpulan sampah di Kota Surabaya. Dengan mengoptimalkan kendaraan yang dapat digunakan untuk melayani jumlah permintaan pengangkutan sampah, maka akan semakin meningkatkan tingkat kepuasan pelayanan pengangkutan yang dirasakan oleh *stakeholder* sehingga kinerja dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya akan semakin baik.

Dari pola pengangkutan sampah kota Surabaya oleh kendaraan truk *compactor* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis, menjelaskan bahwa pola pengangkutan sampah menggunakan sistem pemindahan LPS/LPS atau sistem pengangkutan tidak langsung, dimana pola pengangkutan tersebut adalah sistem kontainer tetap (*Stationary Container System*). Dimana sistem ini digunakan pada jenis truk *compactor* dengan sistem pengumpulan sampah yang wadah/kontainer nya tidak dibawa berpindah-pindah (tetap), sistem ini biasanya digunakan untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa truk *compactor* secara mekanis atau manual. Pola *Stationary Container System* secara mekanis dan manual dapat dilihat dari gambar 1.1 dan gambar 1.2:



Gambar 1.1 *Stationary Container System* Mekanis (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 tahun 2013)



Gambar 1.2 *Stationary Container System* Manual (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 tahun 2013)

Pada kegiatan operasional pengangkutan sampah di Dinas Kebersihan dan Pertamanan saat ini menggunakan *stationary container system* mekanis, dimana dengan menggunakan bantuan mesin pres elektrik untuk memasukkan sampah pada kontainer kendaraan. Setiap kontainer yang dilakukan proses *loading* memiliki durasi waktu per unit angkut kontainer. Gambar 1.3 merupakan ilustrasi proses *loading* sampah oleh *compactor*:



Gambar 1.3 *Loading* pengangkutan sampah oleh *Compactor*.

Dinas Kebersihan dan Pertamanan pada saat ini sudah mempunyai rute *existing* kendaraan pada semua *compactor* yang di miliki untuk melayani proses pengangkutan sampah pada semua LPS yang dilayani oleh Dinas. Dinas menggunakan satuan ritase pada setiap LPS untuk menunjukkan jumlah sampah yang ditampung pada setiap LPS. Dari jumlah ritase di setiap LPS tersebut DKP dapat menentukan rute kendaraan *compactor* yang harus melakukan kunjungan di LPS untuk proses pengangkutan ke sejumlah LPS dengan batasan kapasitas *compactor*. Rute pada kondisi *existing* bersifat *multi trips*. Dimana setiap kendaraan memiliki rute dimulai dari depot kemudian melayani pengangkutan di LPS hingga pada batasan kapasitas pengangkutan, kemudian sampah yang sudah di angkut di kirim ke LPA untuk proses akhir, dan kemudian kendaraan kembali melayani LPS yang belum dilakukan pengangkutan pada LPS yang sudah ditentukan dalam satu rute kendaraan. Setelah kendaraan selesai mengangkut semua sampah di LPS maka kendaraan harus ke LPA untuk proses *unloading* muatan dan kembali ke depot dalam keadaan tanpa muatan. Hal ini akan mempengaruhi frekuensi kunjungan pada satu LPS. Dan juga terdapat kondisi dimana rute kendaraan hanya melakukan pengangkutan sampah di beberapa LPS dan melakukan proses *unloading* sekali di LPA dan kemudian kembali ke depot untuk mengakhiri operasional kendaraan dalam satu hari.

Rute *existing* ini dinilai kurang optimal dalam pemenuhan permintaan pengangkutan sampah di setiap LPS dengan jumlah *demand* yang melebihi kapasitas kendaraan, tidak jarang mengalami beberapa permasalahan yang terjadi terkait dengan penugasan baru untuk proses pengangkutan di LPS diluar rute yang sudah, urutan lokasi pengangkutan di LPS yang harus dilayani dalam satu kali tur. Permasalahan lain yang menjadi permasalahan dalam penerapan rute kendaraan yakni jadwal keberangkatan kendaraan dalam pengangkutan sampah pada setiap LPS masih bersifat konvensional yang didasarkan pada kesesuaian *driver* kendaraan *compactor* kapan memulai proses pengangkutan di LPS. Dan masih terdapat beberapa kendaraan yang kembali ke depot di luar jadwal operasional depot, dimana seharusnya kendaraan kembali ke depot sebelum jadwal operasional depot berakhir.

Beberapa permasalahan yang terjadi pada proses pengangkutan sampah di LPS dan penjadwalan pengangkutan ini menjadi permasalahan operasional yang harus segera diselesaikan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan. Tidak adanya sistem yang menunjang pengambilan keputusan operasional yang berkaitan dengan jumlah kendaraan yang digunakan dan penjadwalan pengangkutan yang dipengaruhi perubahan kondisi di lapangan untuk mendapatkan solusi yang optimal berdasarkan perubahan tersebut. Dari beberapa permasalahan tersebut, dibutuhkan perencanaan jumlah minimum kendaraan yang digunakan dan jadwal pengangkutan yang optimal untuk mendapatkan kombinasi penugasan kendaraan *compactor* pada setiap rute yang melayani pengangkutan sampah di setiap LPS dengan mempertimbangkan waktu tempuh kendaraan dan waktu pelayanan kendaraan di setiap LPS. Oleh karena itu perlu adanya suatu metode dalam penentuan jumlah kendaraan yang digunakan dan penjadwalan pengangkutan yang mendukung sistem operasional Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Sehingga dalam kegiatan pengangkutan sampah dapat dilakukan dengan optimal jumlah kendaraan yang dapat digunakan, dan melakukan penjadwalan keberangkatan kendaraan untuk dapat meminimasi jumlah kendaraan yang digunakan dengan meningkatkan utilitas dari kendaraan yang dimiliki oleh DKP.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini pada permasalahan *vehicle assignment problem* dan *municipal waste collection* dengan melakukan pemodelan matematis dari *Integer Linier Programming* (ILP) dengan mempertimbangkan *cycle time* untuk semua rute yang ada. Dan menggambarkan proses pada objek penelitian ke dalam formulasi matematika dengan *objective function* minimum jumlah kendaraan yang digunakan untuk memenuhi permintaan dan jadwal keberangkatan kendaraan dalam proses pengangkutan sampah, dengan mempertimbangkan adanya perhitungan *cycle time* untuk kendaraan yang digunakan pada masing-masing rute yang terbentuk, diharapkan diperoleh *optimum solution* dari permasalahan yang ada pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.

Penanganan sampah Kota Surabaya oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan menjadi penting untuk mengoptimasi jumlah kendaraan yang digunakan dan jadwal pengangkutan oleh truk yang ada untuk menghasilkan solusi optimal dan mengembangkan model sebagai strategi operasional dari penanganan sampah yang berkelanjutan. Model pada permasalahan sampah di Kota Surabaya merupakan kajian lebih lanjut dalam *assignment problem*. Model penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya dalam mendukung pengambilan keputusan operasional berupa jumlah kendaraan yang dapat digunakan untuk memenuhi semua permintaan pengangkutan sampah di Kota Surabaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana model penyelesaian permasalahan *vehicle scheduling* dengan pendekatan *assignment problem* yang dapat membantu dalam keputusan yang terkait dengan berapa jumlah kendaraan yang dibutuhkan dan kapan jadwal keberangkatan kendaraan pengangkut sampah dengan kendaraan

yang minimum untuk semua rute kendaraan pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya?

2. Bagaimana pengaruh kenaikan permintaan pengangkutan pada setiap LPS terhadap perubahan keputusan yang dihasilkan dari model penyelesaian?

Dengan mempertimbangkan *cycle time* untuk setiap rute pada kendaraan yang digunakan dalam proses pengangkutan sampah dan ditujukan untuk meminimasi waktu operasional harian kendaraan pada semua rute kendaraan.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengestimasi waktu operasional kendaraan pada semua rute dalam satu hari untuk melayani semua LPS.
2. Menghasilkan model yang dapat membantu dalam keputusan yang terkait dengan:
  - a. Jumlah minimum kendaraan yang tersedia yang dapat melayani semua LPS dalam satu kali operasional harian.
  - b. Jadwal keberangkatan kendaraan pada rute tujuan dalam melakukan proses pengangkutan dan pengiriman sampah dari LPS menuju ke LPA.
3. Mengetahui pengaruh jumlah *demand* yang tersedia di LPS terhadap jumlah kendaraan untuk pemenuhan permintaan pengangkutan sampah pada masing-masing titik lokasi LPS.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan diperoleh dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran kepada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya mengenai jumlah kendaraan yang optimal untuk setiap rute dalam melayani semua permintaan pengangkutan sampah dalam waktu operasional harian kendaraan.



2. Memberikan gambaran mengenai kendaraan yang dibutuhkan yang terdapat di depot sehingga Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya dapat melakukan peremajaan kendaraan.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

### **1.5.1 Batasan Penelitian**

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya dengan unit amatan satu jenis kendaraan Dinas yaitu truk *compactor*.
2. Daerah fokus penelitian adalah Kota Surabaya dengan wilayah yang dilayani oleh kendaraan *compactor*.
3. Waktu operasional kendaraan pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan yakni selama satu hari (11 jam) dengan jam operasional dari pukul 05.00 hingga pukul 15.00.
4. Data kondisi jalan sebagai waktu tempuh kendaraan berdasarkan Google Maps, dengan waktu tempuh tercepat dari rute yang terbentuk.

### **1.5.2 Asumsi Penelitian**

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Permintaan di hitung berdasarkan jumlah kontainer yang tersedia dan ditempatkan di setiap LPS.
2. Kapasitas maksimum pengangkutan oleh kendaraan truk *Compactor* adalah 40 kontainer dengan tanpa mempertimbangkan rasio pemadatan sampah.

3. Rute kendaraan truk *Compactor* sudah ada dan ditentukan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.
4. Dalam rute kendaraan tidak mempertimbangkan adanya fasilitas pengisian BBM yang harus dikunjungi kendaraan dan lama waktu antrian kendaraan untuk masuk ke tempat pembuangan.
5. Waktu *loading* di asumsikan 1 menit untuk setiap kontainer yang di angkut oleh *compactor* sehingga durasi pelayanan pada setiap LPS berbeda berdasarkan jumlah kontainer yang harus dikosongkan. Sedangkan durasi *unloading* semua *compactor* diasumsikan 45 detik (0.75 menit) yakni dengan di hitung dari jumlah kontainer yang telah di angkut oleh *compactor* dikalikan dengan waktu *unloading* untuk setiap kontainer di LPA.
6. Jumlah sampah yang masuk di kontainer pada masing-masing LPS dianggap penuh dan harus di angkut setiap hari.
7. Kondisi semua kendaraan yang digunakan tidak mengalami kerusakan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bab. Adapun penjelasan dari masing – masing bab adalah sebagai berikut.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah yang dibahas pada penelitian, ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian, tujuan dan manfaat yang bisa diambil dari penelitian yang dilakukan, serta sistematika yang diterapkan dalam penelitian ini.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang penelitian – penelitian yang sudah dilakukan di area yang sama dengan penelitian ini. Penelitian – penelitian yang sudah dilakukan tersebut menjadi landasan teori dalam penulisan penelitian ini.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang tahapan yang dilakukan dalam penelitian untuk mengembangkan model *Vehicle Assignment Problem*. Metodologi penelitian ini berguna sebagai panduan dalam melakukan penelitian, sehingga penelitian berjalan secara efektif dan sistematis.

#### **BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL DAN PENGUMPULAN DATA**

Bab ini membahas mengenai model yang digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan rumusan masalah serta membahas data-data yang digunakan dalam penelitian ini.

#### **BAB 5 INTERPRETASI HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini memperlihatkan hasil yang didapatkan dari model yang dibangun serta melakukan analisis sensitivitas terhadap parameter yang dianggap penting.

#### **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas tentang penarikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta memberikan saran berdasarkan penelitian yang dilakukan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan menjelaskan tentang penelitian-penelitian yang sudah dilakukan di area yang sama dengan penelitian ini. Bab ini juga memaparkan landasan teori yang menjadi tinjauan pustaka pada penulisan penelitian ini dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan. Adapun tinjauan pustaka sebagai berikut.

#### **2.1      *Waste Management***

Penanganan limbah menjadi satu isu prioritas tentang perlindungan lingkungan dan konservasi sumber daya alam (Laureri, Minciardi, & Robba, 2016). Prioritas tentang isu lingkungan akan meningkatkan perhatian pembuat keputusan sebagai pendekatan yang berkelanjutan dalam penanganan sampah dan sebagai strategi integrasi dalam pengelolaan sampah yang efektif dan efisien. Banyak Negara-negara berkembang yang masih menghadapi persoalan penanganan sampah yang belum efisien terutama pada tingginya biaya pengumpulan sampah dan berkurangnya sumber daya keuangan yang di miliki. Penanganan sampah adalah layanan yang wajib dan penting yang harus disediakan oleh pemerintah di sebagian besar Negara untuk menjaga kebersihan perkotaan (Huang & Lin, 2015).

##### **2.1.1    *Municipal Solid Waste***

Peningkatan dari urbanisasi dan populasi penduduk yang meningkatkan jumlah sampah yang dihasilkan di perkotaan, hal ini akan mempengaruhi dampak lingkungan dan sosial ekonomi masyarakat sehingga dibutuhkan peningkatan perhatian (Xue, Coa, & Li, 2015). Dibutuhkan strategi dan kebijakan tentang manajemen sampah kota. Manajemen sampah kota adalah aktivitas multidisiplin yang mencakup generasi, pemisahan sumber sampah, penyimpanan, pengumpulan,

pengiriman dan transportasi, pengolahan dan pemulihan, dan pembuangan akhir (Das & Bhattacharyya, 2015).

### **2.1.2 Pengumpulan sampah kota**

Pengumpulan sampah di akui secara universal ditujukan untuk memperhitungkan mayoritas pengeluaran dalam pengelolaan sampah kota (Jacobsen, Buysse, & Gellynck, 2013). Peningkatan perhatian sangat penting untuk perencana atau pembuat kebijakan untuk menemukan cara yang efisien dan berkelanjutan untuk pengumpulan dan pembuangan sejumlah sampah kota (Xue, Coa, & Li, 2015). Upaya untuk mengurangi biaya pengumpulan sampah serta biaya transportasi sampah, pemerintah kota termotivasi untuk mengembangkan strategi baru untuk pengumpulan dan pengangkutan sampah, terutama di pusat kota (Das & Bhattacharyya, 2015). Penelitian Das dan Bhattacharyya (2015) membagi skema penelitian menjadi 4 bagian: (1) Optimasi pengumpulan sampah dari sumber sampah (Perumahan, Pasar, Kantor, dan Institusi) ke tempat pengumpulan, (2) optimasi pengiriman sampah dari pusat pengumpulan ke stasiun pengiriman, (3) optimasi transportasi sampah dari stasiun pengiriman ke tempat proses, dan (4) optimasi transportasi sampah dari tempat proses ke lahan pembuangan. Pada proses optimasi pengumpulan sampah dari beberapa sumber ke tempat pusat pengumpulan akhir, bertujuan untuk minimalkan biaya pengumpulan sampah dari berbagai sumber sampah.

### **2.1.3 *Stationary Container System***

*Stationary container system* (SCS) merupakan sistem pengumpulan sampah yang wadah pengumpulannya tidak dibawa berpindah-pindah (tetap), dimana wadah tersebut dapat diangkat maupun yang tidak dapat diangkat. Sistem ini biasanya digunakan untuk container kecil serat alat angkut berupa truk *compactor* secara mekanis atau manual. Dalam pengangkutan SCS mekanis, dimana kendaraan dari

pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan kedalam truk *compactor* dan meletakkan kembali kontainer yang kosong, kemudian menuju kontainer berikutnya sampai truk penuh untuk kemudian menuju lahan pembuangan akhir. Sedangkan pengangkutan SCS manual, dimana kendaraan dari pool menuju ke lahan pembuangan sementara pertama, sampah dimuat ke dalam truk *compactor* atau truk biasa, kemudian menuju ke lahan pembuangan sementara berikutnya sampai truk penuh dan menuju ke lahan pembuangan akhir.

Keuntungan dalam pemakaian *stationary container system* (SCS) adalah kendaraan tidak melakukan perjalanan ke daerah pembuangan akhir sebelum kontainer terisi penuh sehingga tingkat utilitas yang tinggi. Sedangkan kerugiannya adalah sistem ini tidak fleksibel dalam pengambilan barang besar dan tidak memiliki volume besar dalam penyimpanannya. Dalam penerapan SCS pada truk *compactor* membutuhkan 2 pekerja sebagai pengemudi dan sebagai pengangkut.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga menjelaskan beberapa istilah penting dan persamaan yang digunakan untuk menghitung pengangkutan dengan sistem SCS adalah:

1. *Pickup* (Pscs): waktu yang diperlukan untuk memuat sampah dari lokasi pertama sampai lokasi terakhir.
2. *Houl* (h): waktu yang diperlukan menuju LPS/LPA dari lokasi pengumpulan terakhir.
3. *At-site* (s): waktu yang ditempuh untuk menuju lokasi
4. *Off-route* (W): nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional
5. Pengumpulan mekanis
  - a. Menghitung *haul time* (h):

$$h = a + b.x \quad (2.1)$$

Dimana:

*a: Empirical haul time constant, h/trip*

*b: Empirical haul time constant, h/trip*

*x: Jarak rata-rata, mil/trip*

Nilai *a* dan *b* diperoleh dari data pengumpulan sampah secara actual, tergantung pada kondisi masing-masing rute seperti: lalu lintas, kondisi jalan, jam sibuk dan lain-lain.

b. Menghitung *Pscs*

$$Pscs = Ct(uc) + (np - 1)(dbc) \quad (2.2)$$

Dimana:

*Ct*: Jumlah kontainer dikosongkan per *trip*, kon/*trip*

*uc*: waktu rata-rata untuk mengosongkan kontainer, jam/kon

*np*: Jumlah kontainer dikosongkan per *trip*, lok/*trip*

*dbc*: waktu antar lokasi, jam/lok

c. Menghitung jumlah kontainer yang dapat dikosongkan

$$Ct = vr/cf \quad (2.3)$$

Dimana:

*v*: Volume alat angkut, m<sup>3</sup>/*trip*

*r*: Rasio pemadatan

*c*: Volume kontainer, m<sup>3</sup>/kon

*f*: Faktor utilisasi berat kontainer

d. Menghitung waktu per *trip*.

$$Tscs = Psc + h + s \quad (2.4)$$

Dimana:

*h*: Waktu yang diperlukan menuju lokasi yang akan diangkut kontainernya.

*s*: Waktu yang digunakan untuk menunggu di lokasi

*Pscs*: *Pick up time*

e. Jumlah *trip* per hari.

$$Nd = \frac{vd}{v.r} \quad (2.5)$$

Dimana:



$v$ : Volume alat angkut,  $m^3/trip$

$r$ : Rasio Pemadatan

$Vd$ : Jumlah sampah per hari,  $m^3/hari$

f. Waktu kerja per hari

$$H = [(t_1 + t_2) + Nd(Tscs)] / (1 - W) \quad (2.6)$$

Dimana:

$Nd$ : Jumlah *trip*, *trip*/hari

$H$ : Waktu kerja per hari, jam

$t_1$ : Dari garasi ke lokasi pertama

$t_2$ : Dari lokasi terakhir ke garasi

$W$ : Faktor *off-route*

6. Pengumpulan manual:

$$Np = 60 Pscs n / tp \quad (2.7)$$

Dimana:

$Np$ : Jumlah lokasi/*trip*

$60$ : Konversi jam ke menit, 60 menit/jam

$n$ : Jumlah pengumpul

$tp$ : Waktu pengambilan per lokasi

Waktu pengambilan per lokasi tergantung pada waktu antar lokasi, jumlah kontainer per lokasi, dimana:

$$tp = dbc + k_1 \cdot Cn + k_2 (PRH) \quad (2.8)$$

Dimana:

$k_1$ : Konstanta waktu pengambilan per container, menit/kontainer

$k_2$ : Konstanta waktu pengambilan dari lokasi, menit/kontainer

$Cn$ : Jumlah kontainer per lokasi

$PRH$ : *Rear-house pickup location*, persen (%)

## 2.2 *Vehicle Routing Problem (VRP)*

*Vehicle routing problem* pertama kali dikenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959, Dantzig dan Ramser memodelkan kendaraan dengan jenis truk yang sama untuk melayani permintaan minyak pada sejumlah stasiun gas dari pusat dan dengan meminimumkan jarak perjalanan. Clarke dan Wright pada tahun 1964 juga memperkenalkan VRP melalui pelayanan sejumlah konsumen, yang secara geografis tersebar di sekitar depot pusat, dengan menggunakan truk yang memiliki kapasitas yang bervariasi. VRP dapat didefinisikan seperti menemukan rute yang optimal untuk pengiriman atau pengumpulan dari satu atau beberapa depot ke sejumlah kota atau konsumen, yang memenuhi beberapa fungsi kendala (Yeun, Ismail, Omar, & Zirour, 2008).

Menurut (Kumar & Panneerselvam, 2012), VRP dapat didefinisikan seperti merancang rute dengan sedikit biaya pengiriman dari depot ke serangkaian lokasi secara geografis (konsumen) dengan serangkaian fungsi pembatas. Formulasi dari VRP berdasarkan pada pengiriman barang, kualitas jasa yang diperlukan dan karakteristik dari konsumen dan kendaraan. VRP secara luas dipelajari karena pengaplikasian yang luas dan penting dalam menentukan strategi yang efisien untuk mengurangi biaya operasional dalam jaringan distribusi. Penelitian saat ini lebih difokuskan pada algoritma perkiraan yang mampu menemukan solusi dengan kualitas tinggi dalam waktu yang terbatas, agar dapat diaplikasikan kepada contoh permasalahan dunia nyata dengan ditandai oleh kendaraan yang besar dan berpengaruh secara signifikan pada logistic dan strategi distribusi.

Aplikasi pada kehidupan nyata terdapat 2 dimensi yang penting dalam VRP yaitu evolusi dan kualitas informasi. Dimana evolusi berkaitan dengan informasi yang berhubungan fakta dalam permasalahan informasi yang tersedia yang mungkin berubah selama pengerjaan rute berlangsung. Sedangkan kualitas informasi mencerminkan kemungkinan yang tidak dapat ditentukan dalam data yang tersedia, misalnya ketika perkiraan permintaan yang muncul menjadi permintaan yang

sebenarnya. (Pillac, Gendreau, Gueret, & Medaglia, 2013) memaparkan taksonomi VRP dari evolusi dan kualitas informasi seperti tabel pada halaman berikutnya:

Tabel 2.1 Taksonomi VRP

Taxonomy of vehicle routing problems by information evolution and quality.

		Information quality	
		Deterministic input	Stochastic input
Information evolution	Input known beforehand	Static and deterministic	Static and stochastic
	Input changes over time	Dynamic and deterministic	Dynamic and stochastic

Sumber: (Pillac, Gendreau, Gueret, & Medaglia, 2013)

Penjelasan tabel di atas dijelaskan (Pillac, Gendreau, Gueret, & Medaglia, 2013) antara lain: Permasalahan *Static* dan *deterministic*, dimana semua *input* telah diketahui sebelumnya dan rute kendaraan tidak terjadi perubahan. Pada permasalahan *Static* dan *stochastic*, ditandai dengan *input* yang sebagian diketahui atau berupa variabel acak, yang diketahui selama rute sudah berjalan. pada permasalahan *dynamic* dan *deterministic*, sebagian atau semua *input* adalah tidak diketahui dan secara dinamis diungkapkan selama perancangan dan pengerjaan rute. Sedangkan permasalahan *dynamic* dan *stochastic* mempunyai bagian atau semua *input* tidak diketahui dan secara dinamis diungkapkan selama pengerjaan rute, tetapi kontras dengan kategori terakhir, kemudian di eksplorasi pada informasi dinamis yang terungkap.

### 2.2.1 Formulasi *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Menurut penelitian (Suthukarnnarunai, 2008), VRP secara umum digambarkan dengan distribusi barang dari depot ke kumpulan konsumen dalam periode waktu oleh kendaraan. Berikut merupakan formulasinya:

$$\text{Min} \sum_{(i,j) \in A} C_{ij} \sum_{k=1}^K X_{ijk} \quad (2.9)$$

*Subject to*

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^K Y_{ik} \\ = 1 \end{aligned} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^K Y_{0k} \\ = 1 \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} X_{ijk} = Y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (2.12)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} X_{jik} = Y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (2.13)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{0\}} d_i Y_{ik} \leq U_k \quad \forall k = 1, \dots, K \quad (2.14)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S \setminus \{i\}} X_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, |S| \geq 2, k = 1, \dots, K \quad (2.15)$$

$$Y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (2.16)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A, k = 1, \dots, K \quad (2.17)$$

(Suthukarnnarunai, 2008) juga menambahkan beberapa formulasi yang disesuaikan dengan cara mengganti persamaan (2.10) – (2.14) dan (2.16) yang disesuaikan karakteristik permasalahan pada kasus pelayanan pengantaran penumpang bus sekolah, berikut formulasinya:

$$\sum_{k=1}^K z_{ik} = d_i \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (2.18)$$

$$\sum_{i \in V} z_{ik} \leq U_k \quad k = 1, \dots, K \quad (2.19)$$

$$z_{ik} \leq d_i \sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ijk} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (2.20)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ijk} = \sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{jik} \quad \forall i \in V, k = 1, \dots, K \quad (2.21)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{0\}} x_{0jk} = 1 \quad k = 1, \dots, K \quad (2.21)$$

$$\sum_{(i,j) \in V} C_{ij} \sum_{k=1}^K x_{ijk} + 0.1 \sum_{i \in V} z_{ik} \leq t \quad k = 1, \dots, K \quad (2.22)$$

### 2.2.2 Notasi dan Keterangan Formulasi *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Dengan  $G = (V, A)$  merupakan jaringan dimana  $V = \{0, 1, \dots, n\}$  adalah kumpulan *vertex* dan  $A \subseteq V \times V$  adalah kumpulan *arc*. *Vertex* 0 merupakan depot dan  $V \setminus \{0\}$  adalah kumpulan dari lokasi konsumen yang berada pada jaringan. Terkait dengan *vertex*  $i \in V \setminus \{0\}$  adalah biaya dan jarak antara  $i$  dan  $j$ . Setiap konsumen memiliki permintaan  $d_i$ . Parameter  $K$  dan  $U_k$  adalah jumlah kendaraan dan kapasitas kendaraan pada kendaraan  $k$ . Dan ada tiga indeks variable yang digunakan pada model formulasi *integer programming* dimana merupakan variabel *binary* yaitu  $X_{ijk}$  untuk menghitung jumlah *arc* pada  $(i, j) \in A$  yakni jalur dari  $i$  ke  $j$  yang dilalui oleh kendaraan  $k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) dalam solusi optimal. Sebagai tambahan variabel *binary*  $Y_{ik}$  ( $i \in V; k = 1, \dots, K$ ) bahwa bernilai 1 jika *vertex*  $i$  dikunjungi oleh kendaraan  $k$  dalam solusi optimal dan bernilai 0 jika tidak.

Fungsi (2.9) merupakan formulasi *integer programming* yang menerangkan fungsi tujuan dari total biaya. Batasan (2.10) –(2.13) memastikan bahwa setiap konsumen dikunjungi tepat satu kendaraan, jumlah kendaraan  $K$  yang meninggalkan depot, dan kendaraan yang sama harus masuk dan keluar pada pelanggan yang dilayani. Kendala (2.14) dimana batasan kapasitas masing-masing kendaraan  $k$ , sedangkan pada kendala (2.15) merupakan batasan eliminasi dari *sub-tour* untuk masing-masing kendaraan. Sebagai catatan di fungsi kendala (2.15),  $S$  adalah *subhimpunan* rute yang tidak berangkat dan berakhir di depot. Untuk kendala (2.16) merupakan variabel *binary* yang menunjukkan jika  $i$  dilayani oleh kendaraan  $k$ . pada kendala (2.17) juga variabel *binary* yang menunjukkan  $j$  telah dikunjungi setelah  $i$  oleh kendaraan  $k$ .

Adanya tambahan variabel  $z_{ik}$  ( $i \in V; k = 1, \dots, K$ ) yang mengindikasikan jumlah penumpang yang berhenti  $i$  yang di angkut oleh kendaraan  $K$ . waktu angkut untuk setiap penumpang di asumsikan sama per penumpang. Dengan parameter  $t$  sebagai *time windows*. Pada fungsi (2.18) dan (2.19) memastikan bahwa semua penumpang berhenti dan diangkut oleh kendaraan dengan batasan kapasitas untuk masing-masing kendaraan  $k$ . Variabel  $X_{ijk}$  dan  $z_{ik}$  dihubungkan pada fungsi (2.20). Batasan (2.21) merupakan aliran kendaraan yang masuk dan yang meninggalkan konsumen. Batasan (2.22) menunjukkan bahwa semua kendaraan harus dimulai dari *depot*. Dimana  $t$  merupakan batasan waktu operasional kerja kendaraan.

### 2.3 ***Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows (WCVRPTW)***

Menurut (Buhrkal, Larsen, & Ropke, 2012), pada permasalahan pengumpulan sampah terdiri dari rute kendaraan untuk mengumpulkan sampah konsumen dalam batasan waktu tertentu sambil meminimalkan biaya perjalanan. Permasalahan tersebut dikenal dengan *waste collection vehicle routing problem with time windows* (WCVRPTW). Dimana WCVRPTW berbeda dari tradisional VRPTW

dengan kendaraan pengumpulan sampah harus mengosongkan muatan di tempat pembuangan. Kendaraan harus kosong ketika kembali ke *depot*. Beberapa perjalanan untuk menuju tempat pembuangan diizinkan untuk semua kendaraan.

Permasalahan pengumpulan sampah padat pada penelitian (Li, Borenstein, & Mirchandani, 2008) terdiri dari merancang penjadwalan truk untuk setiap hari dengan lebih dari satu set perjalanan yang ditetapkan sebelumnya, dimana truk mengumpulkan sampah padat dalam rute tetap dan mengosongkan muatan di sala satu dari beberapa fasilitas operasional daur ulang dalam suatu sistem.

### 2.3.1 Formulasi Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows (WCVRPTW)

Menurut (Buhrkal, Larsen, & Ropke, 2012), secara formal menjelaskan WCVRPTW pada model matematika sebagai berikut:

$$Min = \sum_{(i,j) \in A} C_{ij} \sum_{l \in K} x_{ijl} \quad (2.34)$$

*Subject to*

$$\sum_{j \in V} x_{0jl} = 1 \quad \forall l \in K \quad (2.35)$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0'l} = 1 \quad \forall l \in K \quad (2.36)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{l \in K} x_{ijl} = 1 \quad \forall j \in V_c \quad (2.37)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ijl} = \sum_{i \in V} x_{jil} \quad \forall j \in V_c \cup V_f, l \in K \quad (2.38)$$

$$a_i \leq w_{il} \leq b_i \quad \forall i \in V, l \in K \quad (2.39)$$

$$w_{il} + s_i + t_{ij} \leq w_{jl} + (1 - x_{ijl})M \quad \forall (i,j) \in A, l \in K \quad (2.40)$$

$$\sum_{i \in \{0,0'\}} d_{il} = 0 \quad \forall l \in K \quad (2.41)$$

$$d_{il} + q_i \leq d_{jl} + (1 - x_{ijl})M \quad \forall i \in V \setminus V_f, j \in V, l \in K \quad (2.42)$$

$$d_{il} \leq C \quad \forall i \in V, l \in K \quad (2.43)$$

$$d_{il} \geq 0 \quad \forall i \in V, l \in K \quad (2.44)$$

$$x_{ijl} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A, l \in K \quad (2.45)$$

Fungsi tujuan pada (2.34) untuk meminimasi biaya perjalanan dengan memenuhi beberapa fungsi pembatas. Pada (2.35) dan (2.36) semua kendaraan harus meninggalkan dan kembali ke *depot*. Kendala (2.37) memastikan bahwa semua konsumen harus dilayani oleh tepat satu kali. Pada (2.38) menunjukkan aliran masuk dan keluar harus sama untuk semua *nodes* kecuali untuk *depot*. Kendala untuk *time windows* dan waktu pelayanan tercakup oleh kendala (2.39) dan (2.40). Kendaraan harus kosong saat memulai rute perjalanan dan pada akhir rute ketika kendaraan kembali ke *depot* (2.41). Kendala (2.42) merupakan akumulasi permintaan untuk semua *nodes*/konsumen kecuali di tempat pembuangan. Pada kendala (2.43) merupakan pembatas kapasitas kendaraan. Yang terakhir adalah (2.44) dan (2.45) menentukan *non-negativity* dan variabel *binary*.

### 2.3.2 Notasi Formulasi Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows (WCVRPTW)

Berikut merupakan notasi dari formulasi *waste collection vehicle routing problem with time windows* (WCVRPTW) dari model menurut (Buhrkal, Larsen, &



Ropke, 2012). Permasalahan tersebut didefinisikan pada sebuah grafik  $G = (V, A)$ , dimana kumpulan *nodes*  $V = V^d \cup V^f \cup V^c$  yang terdiri dari *depot*  $V^d = \{0\}$ ,  $m$  merupakan tempat pembungan  $V^f = \{1, \dots, m\}$ , dan  $n$  merupakan konsumen  $V^c = \{m + 1, \dots, m + n\}$  dan sekumpulan *arc* adalah  $A = \{(i, j) | i, j \in V, i \neq j\}$ . Pada  $K = \{1, \dots, k\}$  menjadi kumpula kendaraan dan pada  $t_{ij}$  dan  $c_{ij}$  merupakan waktu perjalanan dan biaya yang terkait dengan *arc*  $(i, j)$ . Masing-masing *node*  $i \in V$  dikaitkan dengan waktu pelayanan  $s_i$  dan *time window*  $[a_i, b_i]$  dan menetapkan  $q_i$  sebagai jumlah pengangkutan pada konsumen  $i \in V^c$ . Diasumsikan bahwa semua kendaraan mempunyai kapasitas  $C$ . Dengan fungsi tujuan untuk menemukan sekumpulan rute untuk kendaraan dengan minimum total biaya perjalanan dan kepuasan pada kapasitas kendaraan, seperti bahwa semua konsumen harus dikunjungi oleh tepat satu dan dalam *time window* semua konsumen.

Pada model dari permasalahan *depot* dibagi dalam berangkat dan berakhir di depot  $\{0, 0'\}$ . Permasalahan ini dapat dimodelkan dengan menggunakan tiga tipe variabel, yaitu:  $x_{ijl} \in \{0, 1\}$  bernilai 1 jika dan hanya jika kendaraan  $l \in K$  digunakan pada *arc*  $(i, j) \in A$ ,  $d_{il}$  menunjukkan akumulasi dari permintaan di *node*  $i \in V$  untuk kendaraan  $l \in K$  dan  $w_{il}$  menunjukkan waktu untuk memulai pelayanan di *node*  $i \in V$  untuk kendaraan  $l \in K$ .

## 2.4 Assignment Problem

Pada permasalahan transportasi, beberapa permasalahan tertentu dalam transportasi dapat disebut permasalahan penugasan (*Assignment Problem*). Secara umum masalah penugasan adalah masalah transportasi yang seimbang di mana semua persediaan dan tuntutan yang sama dengan 1. Jadi, masalah penugasan ini ditandai dengan pengetahuan tentang bagaimana menugaskan setiap titik pasokan untuk setiap titik permintaan. Menurut penelitian dari (Kaur, Sharma, Verma, & Dahiya, 2016) masalah penugasan merupakan salah satu masalah optimasi kombinatorial yang

mendasar dalam cabang optimasi. (Kaur, Sharma, Verma, & Dahiya, 2016) juga menjelaskan bahwa hal yang menarik pada permasalahan penugasan menemukan kemungkinan termurah untuk menempatkan sejumlah pekerjaan ke sejumlah agen dengan setiap agen ditugaskan untuk pekerjaan tertentu dan setiap pekerjaan dilakukan oleh satu dan hanya satu agen.

Permasalahan penugasan menjadi lebih rumit jika satu kejadian bervariasi dalam durasi, dan setiap kejadian harus menempati hanya satu tugas untuk keseluruhan durasi penugasan (Philips, Waterer, Ehrgott, & Ryan, 2015). Pada penelitian (Glassey & Mizrach, 1986) mengusulkan formulasi *integer programming* untuk pada permasalahan penentuan ruang kelas, dengan mengusulkan prosedur *heuristic* sederhana.

Menurut (Bazaraa, Jarvis, & Sherali, 2010) *Assignment problem* adalah kasus khusus dari permasalahan transportasi, kita dapat menerapkan pengembangan algoritma transportasi dalam permasalahan penugasan. Namun, perlu diketahui bahwa kendala pada permasalahan penugasan mengakui secara tepat pada variabel  $m$  yang bernilai positif pada masing-masing solusi yang ada. Jumlah variabel awal adalah  $2m-1$ . Jadi, jika algoritma transportasi digunakan, kita memiliki variabel awal yakni  $m-1$  pada tingkat awal, yang mengarah pada permasalahan yang lebih buruk.

(Bazaraa, Jarvis, & Sherali, 2010) juga menjelaskan model matematika dari *assignment problem* yaitu sebagai berikut:

$$\text{Minimize} \quad : \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij} \quad (2.46)$$

*Subject to :*

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.47)$$

$$-\sum_{i=1}^m X_{ij} = -1, \quad j = 1, \dots, m, \quad (2.48)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ or } 1, \quad i, j = 1, \dots, m, \quad (2.49)$$

Dimana  $(i, j)$  merupakan matriks penugasan, pada persamaan (2.47) dan (2.48) menunjukkan bahwa penugasan pada setiap  $m$  harus tepat satu. Pada persamaan (2.49) diketahui bahwa solusi dasar yang mungkin ada pada permasalahan penugasan dengan kendala  $X_{ij} = 0$  atau 1 dapat diganti dengan  $X_{ij} \geq 0$  menjadi bernilai *integer*. Sehingga nilai  $X_{ij}$  dapat 0 atau 1 pada solusi optimal untuk *linier programming*.

Pada penelitian (Li, Borenstein, & Mirchandani, 2008) menjelaskan notasi pada model penelitian sebagai berikut: depot ditunjukkan oleh *node*  $s$  dan  $t$ , dimana  $s$  titik awal dan  $t$  adalah titik akhir.  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  menjadi kumpulan dari perjalanan. Dimana setiap perjalanan  $i$  ditunjukkan oleh 2 *node*:  $i^s$  sebagai *node* awal dan  $i^e$  sebagai *node* akhir dari perjalanan kendaraan. Dimana  $N_1 = \{i^e, \forall i \in N\}$  dan  $N_2 = \{i^s, \forall i \in N\}$ . Pada model ini juga menggunakan variabel  $ct$  untuk menunjukkan 2 karakteristik perjalanan yang dapat dipasangkan. Jika  $ct(i, j) = 1$ , maka perjalanan  $i$  dan  $j$  dapat dipasangkan, jika  $ct(i, j) = 0$ , sebaliknya. Maka  $E = \{(i^s, i^e) | (ct(i, j) = 1, i \in N, j \in N)\}$  merupakan kumpulan dari semua *arc* yang terhubung pada perjalanan berpasangan. Notasi  $D$  merupakan kumpulan dari *arc* yang terhubung dari titik awal dengan titik akhir pada perjalanan, dimana  $D = \{(i^s, i^e) | i \in N\}$ . Pada jaringan dasar di tunjukkan dalam grafik  $G = (V, Z)$  dengan *node*  $V = N_1 \cup N_2 \cup \{s, t\}$ . dan *arc*  $Z = (s \times N_2) \cup E \cup D \cup (N_1 \times t) \cup (s, t)$ . Bagian dari  $s$  dan  $t$  dalam jaringan mempresentasikan kemungkinan penjadwalan kendaraan. Secara formal menjelaskan model matematis dari *vehicle scheduling problem* adalah sebagai berikut:

$$\text{Minimize} : \sum_{(i,j) \in Z} C_{ij} Y_{ij} \quad (2.50)$$

Subject to :

$$\sum_{j:(1,j) \in Z} Y_{ij} - \sum_{j:(i,j) \in Z} Y_{ji} = 1, \quad \forall i \in N_1 \quad (2.51)$$

$$\sum_{j:(1,j) \in Z} Y_{ij} - \sum_{j:(i,j) \in Z} Y_{ji} = -1, \quad \forall i \in N_2 \quad (2.52)$$

$$\sum_{j:(1,j) \in Z} Y_{ij} - \sum_{j:(i,j) \in Z} Y_{ji} = |N|, \quad i = s \quad (2.53)$$

$$\sum_{j:(1,j) \in Z} Y_{ij} - \sum_{j:(i,j) \in Z} Y_{ji} = -|N|, \quad i = t \quad (2.54)$$

$$0 \leq Y_{ij} \leq 1, \quad \forall (i,j) \in Z(s,t) \setminus D \quad (2.55)$$

$$0 \leq Y_{st} \quad (2.56)$$

$$Y_{ij} = 0, \quad \forall (i,j) \in D \quad (2.57)$$

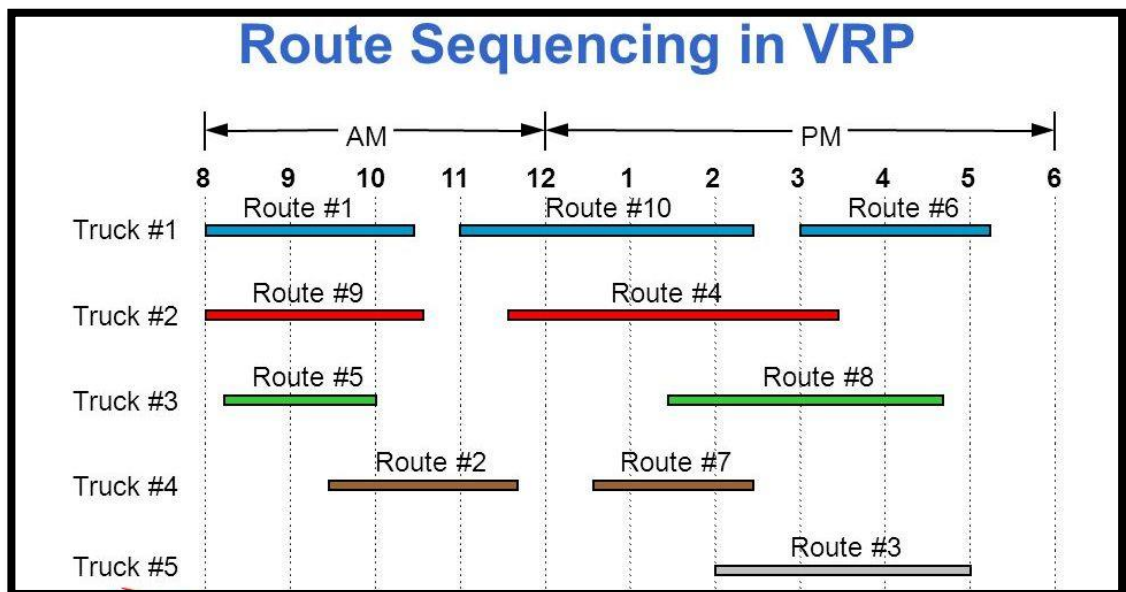
Fungsi pada persamaan (2.50) total operasional dan biaya tetap kendaraan. Pada kendala (2.51),(2.52),(2.55) dan (2.57) memastikan bahwa setiap perjalanan dilayani oleh satu kendaraan. Pada kendala (2.53),(2.54) dan(2.56) menggaransi kecukupan kendaraan yang digunakan.

## 2.5 Route Sequencing

(Ballou, 2004) menjelaskan bahwa rute kendaran di rancang oleh rute yang ada dan metode penjadwalan. Dimana di asumsikan bahwa rute yang ada ditugaskan untuk kendaraan tertentu. Jika rute tersebut mempunyai durasi waktu yang singkat, kendaraan tersebut kurang optimal penggunaannya pada *time horizon* yang ada. Dalam persoalan nyata, jika rute lain dimulai setelah rute pertama selesai, kendaraan yang tersedia untuk ditugaskan ke rute kedua, dan seterusnya hingga pada batas *time*

*horizon* yang sudah ditentukan. Oleh karena itu, jumlah kendaraan yang dibutuhkan dapat ditentukan oleh pengurutan penempatan rute dari akhir ke akhir rute lain dimana kendaraan memiliki minimum *slack time*.

Pengurutan rute dengan cara tersebut ditujukan untuk meminimalkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani semua rute yang ada. Meskipun rute yang diurutkan secara manual, program komputer dapat digunakan dengan mengintegrasikan penentuan rute dan solusi penjadwalan kendaraan dalam menyediakan rencana untuk keseluruhan kendaraan. Secara umum ilustrasi dari *route sequencing* dari (Ballou, 2004) dapat dilihat dari gambar 2.1:



Gambar 2.1 *Route Sequencing in VRP* ( (Ballou, 2004)

## 2.6 Posisi Penelitian

Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam rangka mengembangkan dan menyelesaikan permasalahan transportasi pada beberapa contoh kasus kehidupan nyata. Pada penelitian (Suthukarnnarunai, 2008) mengembangkan dan menyelesaikan

permasalahan transportasi pada rute bus sekolah. Dimana kendaraan bus yang *heterogeneous* dengan kapasitas yang berbeda digunakan untuk mengangkut dan mengantarkan karyawan dari University of the Thai Chamber of Commerce (UTCC), dengan membagi waktu pelayanan pada pagi dan sore hari. Penelitian ini mengembangkan model *exact* dan *heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan rute bus sekolah. Metode *exact* yang digunakan dengan *integer programming* dan di tambah metode *sweep heuristic* dengan *2 opt exchange* serta *traveling salesman tours* untuk mendapatkan rute terbaik. Hasil dari penelitian tersebut menemukan bahwa model *integer programming* yang dibuat menghasilkan solusi yang optimal dalam beberapa kasus, sedangkan pada *sweep heuristic* memberikan solusi yang baik untuk semua kasus dengan waktu komputasi yang lebih kecil. (Suthukarnnarunai, 2008) juga menyatakan bahwa metode *heuristic* yang menghasilkan solusi yang bagus dalam praktiknya akan tetapi bukan jaminan solusi yang optimal.

Pada kasus lain, beberapa penelitian melakukan optimasi pada transportasi kendaraan yang terkait dengan *municipal waste collection*. Pada penelitian (Das & Bhattacharyya, 2015), mengoptimasi pengumpulan sampah kota pada sistem manajemen *municipal solid waste* (MSW), dengan mengoptimalkan pengumpulan sampah dan skema transportasi yang focus pada meminimalisasi jarak antar pengumpulan sampah dan rute perjalanan kendaraan. Dengan pendekatan *mixed integer program*, solusi didapatkan dari metode *heuristic* dan secara luas disimulasikan dalam permasalahan nyata. Hasilnya menunjukkan solusi dapat signifikan meningkatkan kinerja dari MSW. Pada penelitian lain yang terkait dengan permasalahan *waste collection* adalah (Fitria, Susanto, & Suprayogi, 2009) dan (Markov, Varone, & Bierlaire, 2016), kedua penelitian ini mengembangkan VRP dengan adanya *intermediate facilities*. Penentuan rute kendaraan dengan adanya fasilitas antara yakni tempat pembuangan yang harus dikunjungi oleh setiap kendaraan sebelum kembali ke *depot* dan ketika kapasitas truk sudah penuh. Perbedaan dari kedua penelitian tersebut pada karakteristik permasalahan dan metode penyelesaian permasalahan dalam kasus sebenarnya. Pada penelitian (Fitria, Susanto,

& Suprayogi, 2009), melakukan penelitian dengan menentukan rute truk pengumpulan dan pengangkutan sampah di kota Bandung, dengan kendaraan yang sama/homogen, penyelesaian permasalahan tersebut dengan menggunakan algoritma *sequential insertion*. Sedangkan pada (Markov, Varone, & Bierlaire, 2016) melakukan penelitian dengan mengintegrasikan kendaraan yang heterogen dan penugasan yang fleksibel dalam pengumpulan sampah. Dengan mempertimbangkan waktu istirahat (*break*) untuk setiap kendaraan. Peneliti melakukan pendekatan *exact* untuk memformulasikan model permasalahan dan pendekatan *heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Metode *heuristic* yang digunakan adalah *multiple neighborhood search*, hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan *heuristic* memperoleh hasil optimal dalam kasus sederhana.

Pada penelitian lain yang masih terkait dengan pengumpulan sampah, (Buhrkal, Larsen, & Ropke, 2012) melakukan penelitian dengan bagaimana cara untuk mengumpulkan sampah dengan cara yang efisien pada Danish Garbage Collection Company. Dengan membangun model *waste collection vehicle routing problem with time windows* dengan beberapa karakteristik permasalahan seperti waktu pelayanan konsumen dengan kendaraan yang heterogen dan masing-masing kendaraan memiliki perjalanan yang berbeda serta mempertimbangkan durasi waktu istirahat (*break*) kendaraan. Peneliti menggunakan pendekatan *heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan menggunakan algoritma *adaptive large neighborhood* dengan tujuan utama untuk meminimalkan biaya perjalanan dan tingkat pemenuhan kapasitas kendaraan. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa algoritma tersebut dapat meningkatkan tujuan penelitian.

Penelitian mengenai penjadwalan truk dalam pengumpulan sampah kota dilakukan oleh (Li, Borenstein, & Mirchandani, 2008). Pada penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan total operasional dan biaya tetap kendaraan. Dengan kasus hanya ada satu depot untuk penjadwalan kendaraan. Dengan menggunakan pendekatan *heuristic* yang menggabungkan *auction algorithm* dan metode *dynamic*

*penalty*. Dengan menggunakan jaringan perjalanan yang sudah ada, Model *vehicle scheduling problem* di bangun untuk menentukan penugasan kendaraan untuk setiap perjalanan dan penugasan perjalanan untuk setiap fasilitas daur ulang. Dimana *auction algorithm* digunakan untuk menentukan penjadwalan kendaraan dan ditambahkan adanya *dynamic penalty* untuk mendapatkan biaya yang minimum dengan penugasan perjalanan yang seimbang. Akhirnya dengan menggunakan data yang sebenarnya, didapatkan bahwa pendekatan tersebut secara simultan dapat mengurangi biaya total dan menyeimbangkan sejumlah perjalanan yang ditugaskan untuk masing-masing fasilitas daur ulang sampah.

Terdapat beberapa perbedaan yang dilakukan dalam penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang sudah dipaparkan di atas. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pemodelan *vehicle assignment problem* pada kasus transportasi pengumpulan dan pengangkutan sampah kota. Dengan adanya beberapa perubahan terhadap karakteristik permasalahan dengan menyesuaikan pada permasalahan pengangkutan dan pengumpulan sampah di Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Karakteristik model *vehicle assignment problem* yang akan dibangun, dengan mempertimbangkan kendaraan yang bersifat homogen, durasi waktu pelayanan pada setiap konsumen tidak ditetapkan tetapi disesuaikan berdasarkan dari jumlah *demand* pada konsumen tersebut, *time slot* keberangkatan kendaraan dalam satu hari kerja, dan *cycle time* yang dihitung untuk setiap kendaraan dalam melayani proses pengangkutan mulai dari berangkat dari depot hingga berakhir kembali ke depot. Model *vehicle assignment problem* digunakan untuk meminimalkan jumlah kendaraan dengan memperhitungkan waktu perjalanan dan waktu pelayanan di setiap konsumen berupa *cycle time* untuk setiap rute. Dan tidak mempertimbangkan adanya variabel biaya pada penggunaan kendaraan. Dengan pendekatan *exact* dilakukan penyelesaian dengan menggunakan *integer linier programming* (ILP) dengan bantuan *software* LINGO 11 terintegrasi dengan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan hasil solusi yang optimal, yang kemudian hasil tersebut menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait dengan permasalahan jumlah kendaraan yang



digunakan dan jadwal keberangkatan pengangkutan sampah oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Untuk melihat *gap* penelitian ini dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 di halaman berikutnya:

Tabel 2.2 Posisi Penelitian

	Das & Bhattacharyya (2015)	Suthikarnnarunai (2008)	Markov <i>et al.</i> (2016)	Fitria <i>et al.</i> (2009)	Buhrkal <i>et al.</i> (2012)	Li <i>et al.</i> , (2008)	Penelitian ini (2016)
<b>Obyek penelitian</b>							
Municipal Waste Collection	√		√	√	√	√	√
Bus Station		√					
Other							
<b>Model VRP</b>							
VRP		√					
VRP with Intermediate Facility			√	√			
Split Delivery VRP		√					
WCVRPTW					√		
Vehicle Allocation and Routing							
TSP	√						
Assignment Problem						√	√
Scheduling Problem						√	
<b>Metode Penyelesaian</b>							
Exact:							
Mixed integer program	√		√				
Integer Linier Programming							√
Heuristic:							
Heuristic Method	√					√	
Insertion Heuristic				√			
Sweep Algorithm		√					
Traveling Salesman Tour		√					
2 Opt Exchange		√					
Multiple Neighborhood search			√				
Auction Algorithm						√	
Adaptive Large Neighborhood Search					√		
<b>Objective Function:</b>							
Minimum Total Cost	√					√	
Minimum Traveling Cost	√	√	√		√		
Minimum Service Cost							
Minimum Vehicle Cost		√	√	√			
Minimum Total Tour Cost	√						
Minimum Total Time Tour				√			
Minimum Vehicle							√
<b>Karakteristik demand</b>							
Deterministic	√	√	√	√	√	√	√
Stochastic							
<b>Types of Vehicles</b>							
Homogeneous				√		√	√
Heterogeneous	√	√	√		√		
<b>Types of Trips</b>							
Single trips							
Multi trips	√	√	√	√	√	√	√
<b>Support:</b>							
Cycle Time							√
Google Maps							√
MATLAB simulation	√						
ANSI C++						√	
C#					√		
LINGO							√

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya.

Penulis (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objective Function	Decision Variable	Karakteristik Sistem	Tipe Permintaan (Demand)	Tipe Kendaraan (Vehicle)	Objek Penelitian
Swapan Das dan Bidyut Kr. Bhattacharyya (2015)	Mengoptimalkan pengumpulan sampah dan skema transportasi yang fokus pada minimasi panjang dari masing-masing pengumpulan dan rute transportasi	1. Minimum Total Biaya Management (Biaya pengumpulan, Biaya transportasi, Biaya proses, Biaya Pembuangan, Biaya Kendaraan, dan Biaya Tetap)	1. Sumber sampah yang dikunjungi oleh pengumpul	Covering Salesman Problem	Deterministic	Heterogeneous	Municipal waste collection
		2. Minimum biaya pengumpulan sampah di tingkat bawah dimana masing-masing pengumpul sampah dari berbagai sumber sampah	2. Titik pengumpulan sampah yang dicover oleh titik lain				
		3. optimasi rute antara pusat pengumpulan sampah dan stasiun pengiriman untuk meminimalkan biaya transportasi sampah	3. Titik pengumpulan pada perjalanan				
		4. Meminimalkan jumlah dari biaya perjalanan dan biaya pengiriman kunjungan dari stasiun pengiriman ke tempat proses sampah	4. Jika $arc(i,j)$ dipilih sebagai solusi				

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

Penulis (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objective Function	Decision Variable	Karakteristik Sistem	Tipe Permintaan (Demand)	Tipe Kendaraan (Vehicle)	Objek Penelitian
N. Suthikarnnarunai (2008)	Membangun Model VRP dengan menggunakan metode <i>sweep heuristic</i> dengan perubahan <i>2 opt</i> dan tur <i>traveling salesman</i> serta model <i>integer programming</i> untuk <i>split delivery VRP</i>	Meminimalkan Total biaya perjalanan	1. Node yang dikunjungi oleh kendaraan	<i>Sweep heuristic</i> dan <i>integer programming</i>	Deterministic	Heterogeneous	Pelayanan Bus di Universitas Thai Chamber of Commerce (UTCC)
			2. Urutan kunjungan dari <i>I</i> ke <i>j</i> oleh kendaraan				
Katja Buhrkal, Allan Larsen, Stefan Ropke (2012)	Dengan membangun algoritma <i>adaptive large neighborhood</i> untuk menyelesaikan permasalahan dan ilustrasi kegunaan algoritma untuk meningkatkan tujuan.	Menemukan rute untuk setiap kendaraan dengan meminimalkan biaya perjalanan dan kepuasan dari kapasitas kendaraan, dengan semua konsumen dilayani tepat satu kendaraan dan dalam batasan waktunya.	1. Pelayanan kendaraan pada <i>arc(I,j)</i>	<i>Waste collection vehicle routing problem with time windows</i>	Deterministic	Homogeneous	<i>Waste Collection in North America</i>
			2. Akumulasi permintaan yang di angkut kendaraan				
			3. waktu pelayanan pada konsumen				
			4. waktu istirahat untuk <i>driver</i>				

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

Penulis (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objective Function	Decision Variable	Karakteristik Sistem	Tipe Permintaan (Demand)	Tipe Kendaraan (Vehicle)	Objek Penelitian
Iliya Markov, Sacha Varone, dan Michel Bierlaire (2016)	Solusi untuk permasalahan sampah daur ulang yang dikumpulkan dan di kirim menggunakan kendaraan yang heterogen dengan perbedaan volume dan berat dari kapasitas, biaya tetap kendaraan, biaya jarak per unit, dan biaya upah.	Meminimumkan biaya dari total biaya tetap, biaya jarak per unit, dan biaya upah, serta total biaya relokasi oleh faktor berat.	1. kendaraan yang melayani arc	heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem	Deterministic	Heterogeneous	Waste collection industry in Geneva
			2. titik awal dan tujuan				
			3. waktu istirahat				
			4. penggunaan kendaraan				
			5. volume kumulatif kendaraan				
			6. berat kumulatif kendaraan				
			7. waktu dimulainya pelayanan oleh kendaraan				
Lisye Fitria, Susy Susanthi dan Suprayogi (2009)	Menentukan rute pengumpulan dan pengangkutan sampah dengan pengembangan model permasalahan	Meminimumkan jumlah kendaraan yang digunakan dan total waktu penyelesaian	1. jumlah kendaraan yang digunakan	Vehicle routing problem with multiple trips and intermediate facility (VRPMTIF)	Deterministic	Heterogeneous	Waste collection in Bandung
			2. waktu penyelesaian rute				

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

Penulis (Tahun)	Tujuan Penelitian	Objective Function	Decision Variable	Karakteristik Sistem	Tipe Permintaan (Demand)	Tipe Kendaraan (Vehicle)	Objek Penelitian
Jing-Quan Li, Denis Borenstein, dan Pitu B. Mirchandani (2008)	Meminimalkan total operasional dan biaya tetap penggunaan kendaraan dengan menyeimbangkan kendaraan yang ditugaskan untuk melayani masing-masing fasilitas daur ulang.	Minimumkan total operasional kendaraan dan biaya tetap dari penggunaan kendaraan	1. Kendaraan yang ditugaskan pada perjalanan	Vehicle Scheduling Problem	Deterministic	Homogeneous	Solid waste collection in Porto, Alegre, Brazil
			2. Jumlah perjalanan yang ditugaskan pada fasilitas				
Penelitian ini (2016)	Model penjadwalan keberangkatan kendaraan untuk pengumpulan sampah kota	Meminimumkan jumlah kendaraan yang digunakan dalam melayani permintaan pengangkutan sampah.	1. Jumlah Kendaraan yang digunakan	<i>Vehicle Assignment Problem</i>	Deterministic	Homogeneous	Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya
			2. Jumlah Ritase pada setiap rute pengumpulan				
			3. Jadwal keberangkatan kendaraan dengan jumlah ritase pada setiap jam.				

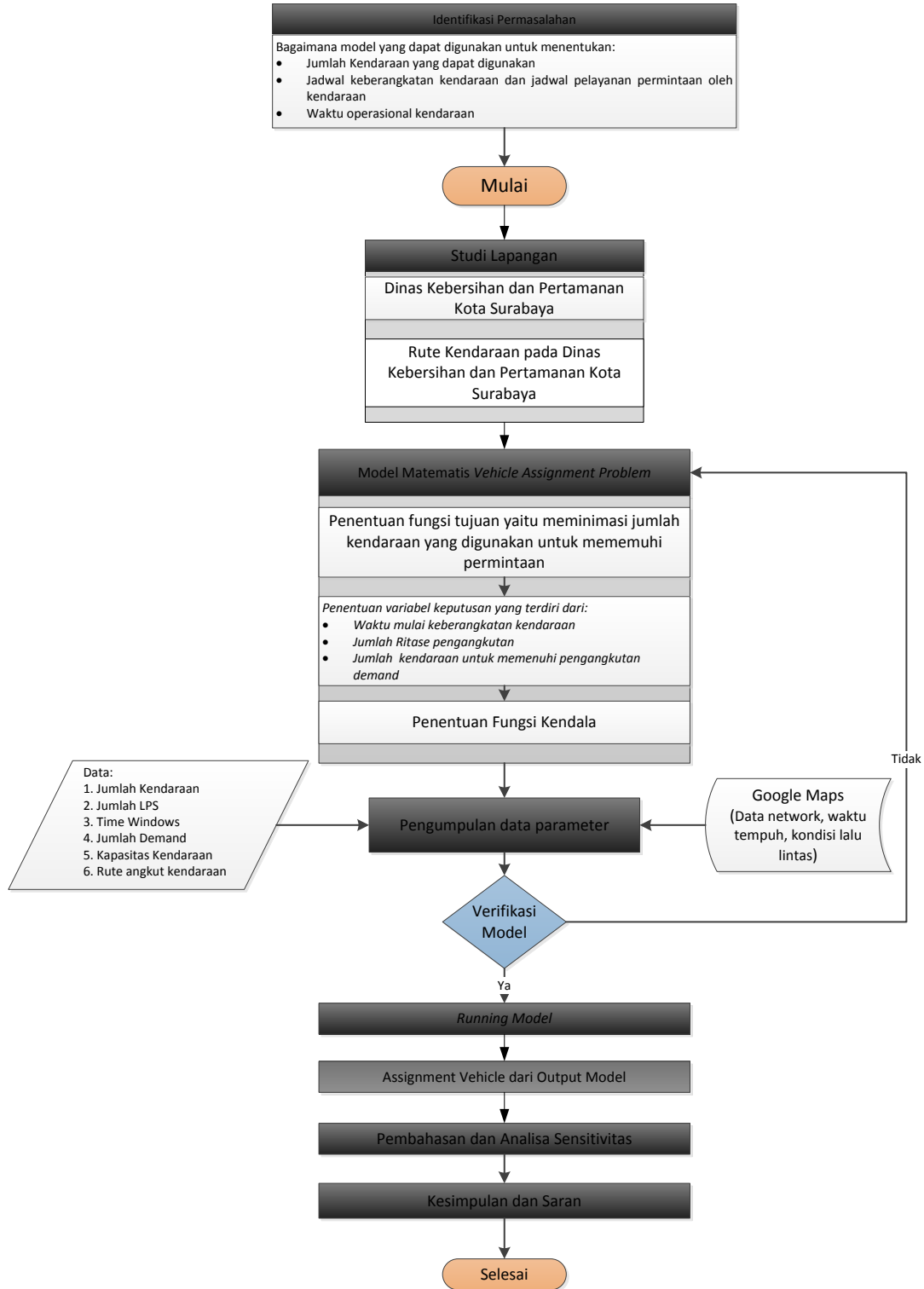
## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab metodologi penelitian ini menjelaskan tentang uraian langkah-langkah dalam melakukan penelitian untuk menjawab rumusan masalah serta model permasalahan *Vehicle Assignment Problem* dengan pendekatan *Integer Linier Programming*. Metodologi penelitian ini berguna sebagai panduan dalam melakukan penelitian, sehingga penelitian berjalan secara efektif dan sistematis.

#### **3.1 Tahapan-Tahapan dalam Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu dimulai dengan melakukan kajian pustaka, studi lapangan, pengembangan model, pengumpulan data, verifikasi model, *running* model, interpretasi hasil dan analisis sensitivitas hingga pada penarikan kesimpulan dan saran untuk melengkapi penelitian ini. Berikut merupakan tahapan penelitian yang dijelaskan pada gambar 3.1 pada halaman berikutnya:



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penelitian



### 3.2 Model Sebelumnya

Pada tahap model sebelumnya ini digunakan sebagai kajian pustaka penelitian, dimana peneliti menentukan model dasar dari penelitian sebelumnya yang akan dikembangkan pada penelitian ini. Model sebelumnya ini kemudian digunakan sebagai acuan konseptual dalam penyelesaian model penelitian ini. Penelitian ini mengacu pada model penelitian *waste collection vehicle routing problem with time windows* dari (Buhrkal, Larsen, & Ropke, 2012), model *mix fleet vehicle routing problem* dari (Suthukarnnarunai, 2008) dan model *vehicle scheduling problem* dari (Li, Borenstein, & Mirchandani, 2008). Ketiga model matematis penelitian yang menjadi konsep ide penelitian ini dan sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dari ketiga penelitian ini kemudian dilakukan pemodelan dengan *integer linier programming* dengan pendekatan *assignment problem* pada kendaraan yang disesuaikan dengan permasalahan yang ada pada objek penelitian sebagai studi kasus penelitian. Pemodelan *vehicle assignment problem* dapat didasarkan pada teori dari (Ballou, 2004) tentang *Route Sequencing*.

### 3.3 Studi Lapangan

Tahap studi lapangan ini meliputi peninjauan objek yang diteliti sesuai dengan studi kasus di Indonesia dan amatan pada objek penelitian. Objek penelitian ini mengenai pengumpulan dan penjadwalan sampah pada moda transportasi truk *compactor* di Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya. Amatan pada objek penelitian ini digunakan untuk melihat karakteristik permasalahan yang ada pada objek penelitian. Karakteristik tersebut terdiri sistem pengangkutan pada truk *compactor*, aliran permintaan pengangkutan sampah dari LPS menuju LPA, jam operasional Dinas dan rute kendaraan Dinas yang *multi trips*.

Pada kondisi *existing*, Dinas Kebersihan dan Pertamanan sudah memiliki rute kendaraan dalam melayani pengumpulan sampah di Kota Surabaya. Rute tersebut sudah ditetapkan untuk masing-masing kendaraan yang dimiliki oleh Dinas

Kebersihan dan Pertamanan. Pada setiap rute yang sudah ditetapkan, Dinas menugaskan 1 hingga 3 kendaraan untuk melayani satu rute yang sama. Dari rute yang sudah ditetapkan, maka akan digunakan sebagai rute *input* dari *route sequencing* untuk membangun model penelitian ini.

Dari rute yang sudah ditetapkan pada kondisi *existing*, peneliti menetapkan rute baru berdasarkan rute *existing* dengan mengoptimasi untuk setiap rute yang sudah ada dengan menggunakan metode *nearest neighbor* untuk rute tujuan yang hanya mempunyai satu kali kunjungan pada masing-masing LPS untuk satu rute tujuan. Sedangkan pada LPS yang memiliki *demand* yang melebihi kapasitas kendaraan, maka penetapan rute dilakukan dengan ketentuan satu LPS dilayani oleh kendaraan yang sama atau berbeda, sehingga untuk LPS dengan jumlah *demand* melebihi kapasitas kendaraan, maka frekuensi pengangkutan pada LPS tersebut dapat lebih dari 1 kali kunjungan kendaraan. Sehingga dihasilkan kombinasi rute baru dari rute *existing* yang nantinya akan juga digunakan untuk *input* dalam membangun model penelitian dengan usulan perbaikan solusi dari kondisi *existing*. Dari beberapa karakteristik tersebut kemudian digunakan sebagai *input* pada tahap pengembangan penelitian ini.

### **3.4 Pengembangan Model Matematis**

Tahap pengembangan model matematis ini dilakukan dengan pendekatan *exact* yakni dengan menggunakan pengembangan model formulasi linier untuk meminimumkan jumlah kendaraan yang dapat digunakan dengan melakukan regresi pada parameter yang mempengaruhi total kendaraan *compactor* yang dapat digunakan untuk memenuhi permintaan. Pada objek penelitian terdapat beberapa rute dengan karakteristik yang berbeda. Karakteristik *Multi trips* pada rute yang dilalui dimana ada beberapa kendaraan dengan sekali kunjungan pada setiap titik yang membentuk rute dan ada beberapa kendaraan dengan rute hanya satu titik dengan frekuensi kunjungan lebih dari satu kali. Dengan kompleksitas penentuan rute yang

ada pada kondisi *existing* peneliti melakukan penyusunan rute tujuan berdasarkan asumsi penelitian dengan menggunakan pendekatan *assignment problem*. Model yang dikembangkan merupakan model untuk menentukan jumlah kendaraan yang digunakan dengan mempertimbangkan waktu operasional perjalanan (*cycle time*) dari kendaraan *compactor* dari mulai meninggalkan *depot*, melakukan pelayanan pengangkutan di LPS, melakukan pembuangan muatan di LPA melakukan pengangkutan kembali di LPS yang belum dilayani hingga berakhir kembali ke *depot*. Model yang dikembangkan juga digunakan untuk menentukan jadwal kendaraan *compactor* harus berangkat untuk melayani LPS dan waktu pelayanan pada pada semua rute yang tidak melebihi batasan waktu yang sudah ditentukan.

#### **3.4.1 Fungsi Tujuan**

Fungsi tujuan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah meminimasi jumlah kendaraan *compactor* yang dioperasikan oleh Dinas. Dimana jumlah kendaraan yang digunakan dibandingkan dengan jumlah ritase pada setiap LPS yang harus dilayani dan berdasarkan dari *cycle time* yang dibutuhkan kendaraan dalam operasional pengangkutan sampah pada setiap harinya. Fungsi tujuan ini kemudian disesuaikan dengan pemenuhan dari fungsi kendala yang sudah ditentukan.

#### **3.4.2 Variabel Keputusan**

Variabel keputusan dalam penelitian ini mewakili aliran rute yang ditempuh oleh kendaraan *compactor* dan LPS yang harus dikunjungi oleh *compactor* dalam satu kali tur Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Berapa jumlah kendaraan yang digunakan untuk melayani permintaan?
- b. Berapa jumlah ritase untuk setiap rute tujuan?
- c. Kapan waktu mulai pelayanan oleh kendaraan di setiap rute tujuan?

### 3.4.3 Fungsi Kendala

Untuk mencapai tujuan dari model penelitian yang dibangun dengan meminimasi dari fungsi tujuan, terdapat beberapa fungsi kendala atau batasan yang harus dipenuhi ke dalam model yang dikembangkan. Fungsi kendala yang dimasukkan untuk membatasi fungsi tujuan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Semua kendaraan harus melakukan pelayanan harus lebih dari jumlah kendaraan minimal yang keluar setiap *time windows*.
- b. Jumlah ritase untuk setiap rute dengan waktu *cycle time* harus kurang dari jumlah kendaraan yang *available* dalam satu hari.
- c. Jumlah kendaraan yang berangkat untuk setiap rute dan setiap *time windows*.
- d. *Demand* yang di angkut oleh kendaraan harus tidak melebihi kapasitas kendaraan.
- e. Semua *demand* harus dipenuhi.
- f. Ritase pengangkutan dalam satu hari tidak boleh melebihi dari total ritase kendaraan
- g. Variabel keputusan yang *integer*.

### 3.5 Pengumpulan Data

Data yang digunakan di dalam penelitian ini sebagian besar diperoleh langsung dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Sedangkan beberapa data lainnya didapatkan dari amatan langsung dan perhitungan berdasarkan asumsi yang digunakan. Data yang dibutuhkan adalah:

- a. Data jumlah kendaraan truk *compactor* yang tersedia di *depot*.
- b. Data jumlah LPS yang tersebar pada titik lokasi masing-masing di wilayah Surabaya.
- c. Data jumlah *demand* pada masing-masing LPS yang di hitung berdasarkan jumlah kontainer yang tersedia di masing-masing LPS.
- d. Data kapasitas untuk masing-masing kendaraan truk *compactor*.

- e. *Time windows* untuk semua LPS harus di layani dan *time windows* untuk jam kerja operasional Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.
- f. Data waktu tempuh antar lokasi dari *depot*, masing-masing LPS, dan LPA yang di ambil dari data *Google Maps* dengan kondisi jalan dan lalu lintas.
- g. Data waktu *loading/unloading demand* untuk setiap kontainer yang terdapat di masing-masing LPS.
- h. Data *cycle time* untuk masing-masing kendaraan dalam satu rute mulai dari berangkat di depot hingga pada berakhir di depot.

### 3.6 Verifikasi Model

Pengujian validitas dari model bertujuan untuk mengetahui kebenaran suatu model secara matematis, konsistensi model secara logis, serta mencerminkan keadaan yang sebenarnya pada objek penelitian. Dilakukan pengujian validitas internal yang umumnya dikenal sebagai verifikasi model. Pada tahap verifikasi model. Untuk melakukan verifikasi terhadap model yang dibangun di dalam penelitian ini dilakukan penjabaran formulasi matematis yang kemudian digunakan sebagai *input* ke dalam *Software LINGO 11*. Selain itu, data yang digunakan pada proses verifikasi sebagai uji coba merupakan data yang kuantitas datanya lebih kecil dari data sebenarnya untuk menghemat waktu verifikasi. Jika model yang dibangun masih belum benar maka *Software LINGO 11* akan mengeluarkan perintah penolakan dan memberitahukan bagian model yang masih belum benar. Sebaliknya jika model yang dibangun sudah benar, maka *Software LINGO 11* akan melakukan proses *running*. Dari hasil proses *running* kemudian disesuaikan dengan hasil perhitungan manual. Apabila keseluruhan proses tersebut telah sesuai, maka akan dilakukan proses *running* model dengan menggunakan data yang sebenarnya dengan kuantitas yang sesuai dengan objek penelitian.

### **3.7      *Running Model Matematis***

Pada *running* model matematis ini akan menggunakan bantuan dari *software LINGO 11*. untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dari permasalahan. Dari hasil *running* model akan menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu komputasi dan jumlah iterasi tertentu. Untuk menghemat waktu komputasi dapat dilakukan dengan membatasi jumlah iterasi dan waktu komputasi untuk mendapatkan hasil yang optimal.

### **3.8      *Tahap Assignment Model***

Pada tahap ini, dilakukan penetapan penugasan dari hasil *running* model pada tahap sebelumnya. Dengan *output* yang dihasilkan oleh *running* model, kemudian ditentukan penugasan untuk setiap kendaraan dengan jumlah minimum dari fungsi tujuan penelitian. Asumsi bahwa kendaraan yang digunakan bersifat homogen dengan karakteristik yang sama.

Kemudian peneliti melakukan pengurutan kendaraan dari kendaraan pertama hingga kendaraan dengan jumlah minimum yang digunakan. Dari urutan kendaraan tersebut kemudian dilakukan penugasan kendaraan berdasarkan jadwal keberangkatan pada setiap jamnya dan pada setiap urutan rute tujuan. Untuk jadwal keberangkatan lebih awal dan urutan rute yang lebih kecil, maka kendaraan dengan nomor urut terkecil dapat ditugaskan pada rute dan jadwal tersebut, dan di ikuti oleh kendaraan selanjutnya dengan tahapan yang sama. Ketika waktu operasional kendaraan pada satu rute sudah selesai dan kendaraan kembali ke depot sebelum batas waktu operasional harian, maka kendaraan yang kembali ke depot dapat ditugaskan kembali untuk urutan rute tujuan yang belum dilayani oleh kendaraan sebelumnya.

### **3.9 Pembahasan dan Analisis**

Pada tahap pembahasan dan analisis sensitivitas, akan dipaparkan hasil yang diperoleh dari *running* model dengan menggunakan parameter sesuai kondisi *existing* objek penelitian. Penggunaan *software LINGO 11*. digunakan untuk mendapatkan solusi optimal dari model yang sudah di buat sebelumnya dan penjelasan dalam pengambilan keputusan. Adanya analisis sensitivitas yang berfungsi untuk mengetahui pengaruh dari beberapa parameter penting terhadap hasil yang didapatkan dan sebagai alternatif model keputusan yang akan diambil. Pada tahap ini juga dipaparkan tentang perubahan parameter pada model sebelumnya, sehingga dapat memberikan gambaran tentang kondisi ideal dalam penerapan solusi di objek penelitian.

Parameter-parameter yang akan dirubah pada penelitian ini untuk melihat perubahan dari solusi yang dihasilkan adalah jumlah *demand* di LPS yang harus di angkut di LPS. Pada perubahan parameter jumlah *demand* yang ada di LPS yang harus di angkut akan mempengaruhi alokasi kendaraan untuk melayani LPS tersebut dan dapat berpengaruh pada perubahan rute kendaraan. Sehingga dari perubahan parameter yang dilakukan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi ideal objek penelitian untuk mendapatkan solusi yang optimal.

### **3.10 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap terakhir dalam penelitian ini adalah menarik kesimpulan dan implikasi praktis terhadap hasil analisis yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, dan menjawab rumusan masalah penelitian ini, serta memberikan saran perbaikan yang berguna untuk mengembangkan penelitian ini selanjutnya agar lebih baik.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB 4**

### **DESKRIPSI MODEL DAN PENGUMPULAN DATA**

Pada bab ini akan membahas mengenai deskripsi model yang digunakan pada penelitian ini. Dan juga akan dipaparkan data-data yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan.

#### **4.1 Gambaran Umum Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.**

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap kondisi eksisting di Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Kondisi eksisting tersebut akan dijadikan acuan dalam melakukan penelitian ini.

##### **4.1.1 Profil Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya**

Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Surabaya merupakan dinas pemerintah kota yang bertugas melaksanakan kewenangan daerah di bidang kebersihan dan pertamanan serta melaksanakan tugas pemantauan yang diberikan oleh pemerintah dan/atau pemerintah provinsi (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya, 2011). Dengan tujuan pokok yaitu: Dinas Kebersihan dan Pertamanan mempunyai tugas melaksanakan urusan pemerintahan daerah berdasarkan asas otonomi dan tugas pembentukan di bidang kebersihan dan pertamanan. Dalam menyelenggarakan tugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan mempunyai fungsi:

1. Merumuskan kebijakan teknis di bidang kebersihan dan pertamanan.
2. Menyelenggarakan urusan kebersihan dan pertamanan.
3. Membina dan melaksanakan tugas sebagaimana tersebut di atas.
4. Mengelola ketatausahaan dinas.

5. Melaksanakan tugas lain yang diberikan oleh walikota sesuai dengan tugas dan fungsinya.

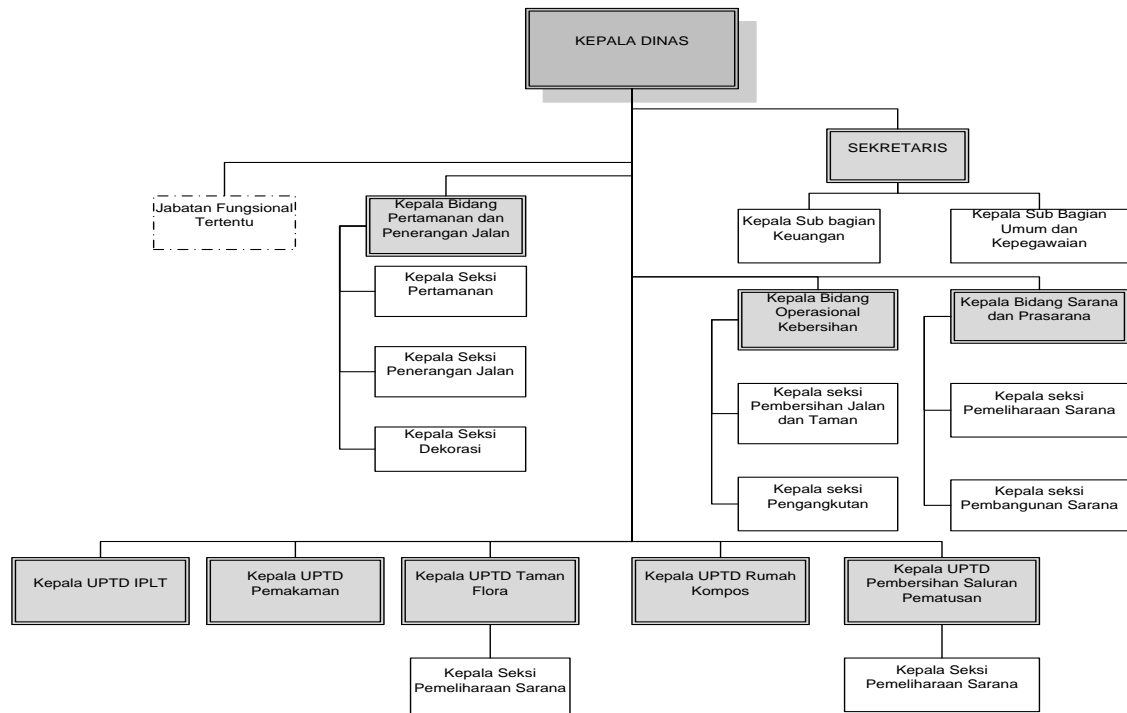
Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya memiliki visi yaitu *“Surabaya peduli bersih, hijau, asri, dan bercahaya”*. Sedangkan misi dari DKP adalah sebagai berikut:

- a) Meningkatkan peran serta masyarakat dalam pelaksanaan pengelolaan sampah mandiri berbasis komunitas
- b) Meningkatkan kualitas pelayanan kebersihan kota
- c) Meningkatkan peran serta swasta dalam pengelolaan kebersihan
- d) Meningkatkan sarana & prasarana pengelolaan kebersihan.
- e) Meningkatkan kualitas dan kuantitas taman kota, jalur hijau, lapangan olah raga, dekorasi kota, penghijauan & permakaman.
- f) Meningkatkan kualitas & kuantitas penerangan jalan umum dan taman.
- g) Meningkatkan kepedulian & peran serta masyarakat dalam penghijauan, pengembangan pertamanan, keindahan kota & penerangan jalan umum.
- h) Meningkatkan kualitas SDM & pelayanan dibidang kebersihan & pertamanan.

#### **4.1.2 Struktur Organisasi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya**

Dasar hukum dari organisasi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya adalah berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 8 Tahun 2008 tentang Organisasi Perangkat Daerah (Bab II Pasal 3 bagian (4)), Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 8 Tahun 2008 tentang Organisasi Perangkat Daerah (Bab III Bagian Ketiga Paragraf 5 Pasal 22), Peraturan Walikota Surabaya No. 91 Tahun 2008 tentang Rincian Tugas dan Fungsi Dinas Kota Surabaya (Bab I Pasal 2), dan Peraturan Walikota Surabaya No. 42 Tahun 2011 tentang Rincian Tugas dan Fungsi Dinas Kota Surabaya (Bab II Bagian Kelima). Struktur organisasi dari Dinas

Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya ditunjukkan Sesuai pada gambar 4.1 (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya, 2011).



Gambar 4.1 Struktur Organisasi Dinas Kebersihan dan Pertamanan Surabaya

Berdasarkan Peraturan Walikota Surabaya Nomor 91 Tahun 2008 Bagian Kelima, Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya terdiri atas beberapa bagian, bidang, dan seksi tertentu, diantaranya:

a) Sekretariat

Berdasarkan Peraturan Walikota Nomor 91 Tahun 2008 Pasal 75, Sekretariat mempunyai tugas melaksanakan sebagian tugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan di bidang kesekretariatan. Dalam Melaksanakan tugas ini, bagian

sekretariat terbagi dalam dua sub bagian, yaitu Bagian Umum dan Kepegawaian, dan Keuangan. Rincian tugas dari Sub Bagian Umum dan Kepegawaian serta Sub Bagian Keuangan dijelaskan pada Peraturan Walikota Nomor 91 Tahun 2008 Pasal 77.

a. Bagian Umum dan Kepegawaian

Bagian Umum dan Kepegawaian bertugas mengurus segala aktivitas bagian Sekretariat yang berhubungan di bidang umum dan kepegawaian.

b. Keuangan

Sub Bagian Keuangan bertugas mengurus segala aktivitas Bagian Sekretariat yang berhubungan dengan keuangan.

b) Bidang Operasional Kebersihan

Bidang Operasional Kebersihan mempunyai tugas melaksanakan sebagian dari tugas Dinas Kebersihan dan Pertamanan di bidang operasional kebersihan. Operasional kebersihan yang dimaksud terkait dengan pengelolaan sampah yang ada di Surabaya. Untuk melaksanakan tugasnya, Bidang Operasional Kebersihan dibagi dalam dua seksi, yaitu Seksi Pembersihan Jalan dan Taman, serta Seksi Pengangkutan dan Pemanfaatan Sampah. Rincian tugas dari Bidang Operasional Kebersihan diatur oleh Peraturan Walikota Nomor 91 Tahun 2008 Pasal 78, 79, dan 80.

a. Seksi Pembersihan Jalan dan Taman

Seksi pembersihan jalan dan taman mengurus aktivitas Bidang Operasional Kebersihan di bidang pembersihan jalan dan taman. Aktivitas seksi ini identik dengan pengelolaan aktivitas penyapuan sampah – sampah di area kota Surabaya.

b. Seksi Pengangkutan dan Pemanfaatan Sampah

Seksi pengangkutan dan pemanfaatan sampah mengurus aktivitas Bidang Operasional Kebersihan di bidang pengangkutan sampah – sampah yang ada di kota Surabaya serta pengolahannya.

c) Bidang Sarana dan Prasarana

Bidang Sarana dan Prasarana mempunyai tugas untuk mengurus aktivitas Dinas Kebersihan dan Pertamanan di bidang sarana dan prasarana. Bidang Sarana dan Prasarana mengatur segala aktivitas terkait sarana prasarana kebersihan yang ada di Surabaya, seperti sarana prasarana air limbah atau persampahan. Dalam menjalankan tugasnya, Bidang Sarana dan Prasarana dibagi ke dalam dua seksi, yaitu Seksi Pembangunan Sarana dan Prasarana, serta Seksi Pemeliharaan Sarana dan Prasarana. Rincian tugas dari Bidang Sarana dan Prasarana diatur oleh Peraturan Walikota Nomor 91 Tahun 2008 Pasal 81, 82, dan 83.

a. Seksi Pembangunan Sarana dan Prasarana

Seksi pembangunan sarana dan prasarana mengurus aktivitas Bidang Sarana dan Prasarana dalam segala hal yang berhubungan dengan pembangunan dari sarana dan prasarana. Pengaturan terkait pra pembangunan hingga pasca pembangunan diatur oleh seksi pembangunan sarana dan prasarana.

b. Seksi Pemeliharaan Sarana dan Prasarana

Seksi pemeliharaan sarana dan prasarana mengurus aktivitas Bidang Sarana dan Prasarana dalam segala hal yang berhubungan dengan pemeliharaan sarana prasarana Dinas Kebersihan dan Pertamanan yang ada di kota Surabaya.

d) Bidang Pertamanan dan Penerangan Jalan

Berdasarkan Peraturan Walikota Nomor 91 Tahun 2008 Pasal 84 dan 85, Bidang Pertamanan dan Penerangan Jalan memiliki tugas untuk mengatur segala aktivitas Dinas Kebersihan dan Pertamanan di bidang pengelolaan taman serta penerangan jalan di seluruh kota Surabaya. Dalam menjalankan

tugasnya, Bidang Pertamanan dan Penerangan Jalan terbagi dalam tiga seksi, yaitu Seksi Pertamanan, Seksi Penerangan Jalan, dan Seksi Dekorasi.

a. Seksi Pertamanan

Seksi pertamanan bertugas melaksanakan segala aktivitas di Bidang Pertamanan dan Penerangan Jalan di bidang pengelolaan taman yang ada di Surabaya. Rincian tugas seksi pertamanan dijelaskan pada Peraturan Walikota Nomor 91 Tahun 2008 Pasal 86. Seksi pertamanan Bidang Pertamanan dan Penerangan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya merupakan objek pengamatan dalam penelitian ini.

b. Seksi Penerangan Jalan

Seksi penerangan jalan bertugas melaksanakan seluruh aktivitas di Bidang Pertamanan dan Penerangan Jalan di bidang penerangan jalan – jalan di Surabaya. Aktivitas tersebut terkait dengan pengelolaan penerangan, seperti lampu – lampu jalanan, di jalan – jalan kota Surabaya.

c. Seksi Dekorasi

Seksi dekorasi bertugas menjalankan segala aktivitas Bidang Pertamanan dan Penerangan jalan di dalam hal dekorasi kota Surabaya. Seksi ini bertugas untuk mengatur segala kegiatan yang berhubungan dengan aktivitas menghias kota dengan hiasan- hiasan dekorasi tertentu.

#### **4.1.3 Permasalahan Pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya**

Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya memiliki permasalahan rute pengangkutan sampah yaitu jumlah kendaraan yang digunakan belum optimal untuk memenuhi permintaan pengangkutan di LPS. Dan Penjadwalan keberangkatan kendaraan pengangkut sampah yaitu jadwal keberangkatan yang menumpuk pada jam tertentu dan ketepatan waktu pelayanan pengangkutan sampah pada setiap rutanya.

Batasan jam operasional yang dimiliki oleh depot adalah 11 jam. Untuk permasalahan 60 titik lokasi LPS dan 1 titik lokasi LPA dan depot. Pengangkutan diawali dari lokasi depot yaitu Kantor Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya dan dilanjutkan dengan pengangkutan sesuai titik lokasi LPS dan LPA dan berakhir pada depot.

#### **4.2      Pemodelan Permasalahan *Vehicle Assignment Problem***

Model permasalahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model konseptual dari Burkhal *et al.* (2012), Suthikarnarunnai (2008) dan Li, *et al.*, (2008) yang dikembangkan dengan *integer linier programming* dengan pendekatan *assignment problem* yang menyesuaikan permasalahan di Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya untuk dijadikan model dalam penyelesaian permasalahan penelitian.

Konsep pada penelitian Burkhal *et al.* (2012) pada permasalahan rute kendaraan pengumpulan sampah dengan *time windows* menjelaskan bahwa rute yang terbentuk dalam pengumpulan sampah dimulai dari depot kemudian melayani beberapa titik pengumpulan hingga pada kapasitas maksimal kendaraan. Selanjutnya kendaraan harus menuju ke tempat pembuangan (*disposal site*) untuk mengosongkan muatan kendaraan dan kembali menuju titik pengumpulan selanjutnya hingga batas *time windows* yang sudah ditentukan. Sebelum kembali ke depot kendaraan harus menuju pada tempat pembuangan. Sehingga muatan kendaraan ketika di depot harus kosong.

Sedangkan pada penelitian Suthikarnarunnai (2008) pada permasalahan rute kendaraan bus penumpang dalam mengantarkan penumpang dari halte menuju titik tujuan dengan mempertimbangkan waktu angkut per orang. Pada penelitian ini rute kendaraan bus penumpang harus menuju beberapa lokasi halte untuk mengangkut penumpang dan mengantarkan penumpang, dimana lama waktu kunjungan pada

masing-masing halte dapat ditentukan dengan jumlah penumpang yang masuk dikalikan dengan waktu *loading* per penumpang dan waktu *unloading* per penumpang. Dengan batasan waktu operasional kendaraan bus untuk rute dengan mempertimbangkan waktu perjalanan dan waktu kunjungan pada setiap halte.

Sedangkan pada penelitian Li, *et al.*, (2008) pada permasalahan penjadwalan kendaraan dalam pengumpulan sampah kota. Rute untuk setiap kendaraan sudah ditetapkan sebelumnya, dengan ditambahkan adanya kombinasi rute baru dari rute kendaraan yang dapat dipasangkan, sehingga terdapat rute yang sudah ditetapkan sebelumnya, kemudian dilakukan penjadwalan kendaraan pada masing-masing rute yang terbentuk.

Dari penelitian di atas, peneliti menggunakan ketiga penelitian tersebut sebagai acuan konseptual dalam *route sequencing* kendaraan dengan menghitung waktu perjalanan dan waktu pelayanan di setiap titik lokasi LPS yang berbeda-beda tergantung jumlah *demand* yang di angkut oleh kendaraan truk *compactor*. Model rute kendaraan didasarkan pada rute kendaraan yang sudah ditetapkan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan. Dengan menghitung *cycle time* untuk setiap rute tujuan dan jumlah ritase pada setiap rute tujuan. Peneliti melakukan optimasi dengan meminimasi jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani semua LPS pada semua rute tujuan dan melakukan penjadwalan keberangkatan kendaraan untuk setiap rute tujuan.

#### **4.2.1 Notasi Formulasi Matematika**

Formulasi matematika dalam pengembangan model pada penelitian ini dapat dijelaskan dengan indeks, parameter, dan variabel keputusan. Serta formulasi model matematis dari fungsi tujuan dan fungsi kendala. Berikut merupakan penjelasan secara rinci dari indeks, parameter dan variabel keputusan yang digunakan pada model penelitian ini:



### Indeks

$i$  = Rute tujuan kendaraan *compactor*.

$j$  = Jam berangkat kendaraan *compactor*.

### Parameter

$D_i$  = Jumlah *demand* pada rute  $i$ .

$TS_{ij}$  = *Time slot* untuk semua rute tujuan  $i$  pada jam keberangkatan  $j$ .

$n$  = Jumlah minimal ritase dari kendaraan yang berangkat untuk setiap jam.

$m_i$  = Maksimum ritase dalam rute tujuan  $i$ .

$CT_i$  = *Cycle time* untuk setiap rute tujuan  $i$ .

### Variabel Keputusan

$Y$  = Jumlah kendaraan yang dapat digunakan.

$Rit_i$  = Jumlah ritase untuk setiap rute tujuan  $i$ .

$X_{ij}$  = Ritase pengangkutan untuk setiap rute tujuan dan setiap jam .

#### 4.2.2 Formulasi Matematika

Berikut merupakan formulasi matematis model *vehicle assignment problem* yang dibangun pada penelitian ini:

### Fungsi Tujuan

$$\text{Minimize : } Y \quad (3.1)$$

### Fungsi Kendala

$$\sum_{j=1}^J TS_{ij} \times X_{ij} = Rit_i \quad \forall i \in I \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^I Rit_i \times CT_i \leq Y \times J \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^J TS_{ij} \times X_{ij} \geq D_i \quad \forall i \in I \quad (3.4)$$

$$\sum_{i=1}^I TS_{ij} \times X_{ij} \leq n \quad \forall j \in J \quad (3.5)$$

$$TS_{ij} \times X_{ij} \leq m_i \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.6)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J TS_{ij} \times X_{ij} \leq n \times J \quad (3.7)$$

$$X_{ij} = \text{Integer} \quad (3.8)$$

$$Y = \text{Integer} \quad (3.9)$$

Fungsi tujuan (3.1) merupakan minimum jumlah kendaraan yang dapat digunakan untuk memenuhi permintaan pengangkutan sampah. Pada fungsi kendala pada model penelitian ini, persamaan (3.2) mencari total ritase untuk setiap rute tujuan. Persamaan (3.3) memastikan bahwa ritase untuk satu rute tujuan dikalikan dengan waktu yang dibutuhkan dalam satu rute harus kurang dari jumlah kendaraan dikali *available* waktu keberangkatan. Pada persamaan (3.4) memastikan bahwa

semua rute tujuan harus memenuhi *demand*. Persamaan (3.5) memastikan bahwa setiap kendaraan dalam satu jam pada ritase pengangkutan harus dengan jumlah minimal kendaraan yang dapat berangkat. Pada persamaan (3.6) memastikan bahwa setiap rute tujuan dan setiap jam berangkat kurang dari sama dengan jumlah maksimum ritase pada rute tujuan. Pada persamaan (3.7) memastikan bahwa ritase pengangkutan dalam satu hari tidak boleh melebihi dari total ritase. Dan pada persamaan (3.8) dan (3.9) merupakan variabel keputusan yang *integer*.

### **4.3 Pengumpulan Data**

Data yang digunakan di dalam penelitian ini sebagian besar diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya dan dari hasil dari amatan langsung dengan bantuan Google Maps.

#### **4.3.1 Data Kendaraan Truk *Compactor***

Pada data kendaraan pada penelitian ini berfokus pada jenis kendaraan truk *compactor*. Data truk *Compactor* merupakan data yang memaparkan jumlah kendaraan yang dimiliki oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya yang berada di depot, *compactor* dengan kapasitas yang sama untuk semua truk serta waktu *loading demand* dan *unloading* muatan yang dilakukan truk *compactor* di LPS dan LPA yang di asumsikan sama untuk semua truk. Data ini digunakan untuk melihat utilitas kendaraan yang dimiliki terhadap kemampuan melayani permintaan pengangkutan sampah di setiap LPS yang tersebar pada titik lokasi yang berada di wilayah Surabaya. Data ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### **4.3.2 Data Lokasi LPS Kendaraan Truk *Compactor***

Pada data lokasi LPS truk *compactor*, menunjukkan titik lokasi kunjungan kendaraan pada setiap LPS. Masing-masing lokasi kunjungan mempunyai jumlah *demand* yang harus di layani oleh kendaraan yang mengunjungi lokasi tersebut dengan batasan kapasitas kendaraan. Semua lokasi kunjungan mempunyai batasan waktu pelayanan yang harus dipatuhi oleh kendaraan yang melayani lokasi tersebut yaitu 11 jam.

Data-data tersebut digunakan untuk melihat penyebaran *demand* yang ada di setiap lokasi kunjungan oleh kendaraan dalam satu rute kendaraan. Dengan dimulai dari depot kemudian melayani pengangkutan di LPS, melakukan pembuangan muatan di LPA, dan kembali menuju depot untuk mengakhiri rute kendaraan. Dari penyebaran *demand* tersebut, diharapkan akan terbentuk rute tujuan yang mempengaruhi keputusan dari rute kunjungan untuk setiap kendaraan yang digunakan dalam proses pengangkutan sampah dengan batasan waktu yang sudah ditentukan. Data tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### **4.3.3 Data Waktu Tempuh Antar Lokasi Kunjungan Kendaraan Truk *Compactor***

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah *vehicle routing problem* sehingga waktu tempuh antar lokasi kunjungan kendaraan truk *compactor* ini akan berpengaruh terhadap keputusan penentuan rute kendaraan. Selain itu data ini juga akan berpengaruh pada kombinasi urutan kunjungan yang memiliki waktu tempuh yang minimal untuk setiap truk. Dengan menggunakan bantuan aplikasi Google Maps untuk mendapatkan data tersebut, sehingga waktu tempuh antar lokasi kunjungan dapat bersifat riil sesuai dengan kondisi jalan. Waktu tempuh pada Google Maps di ambil pada waktu tempuh tercepat yang dapat dilalui kendaraan pada alternatif rute jalan yang di tunjukkan oleh aplikasi Google Maps dengan menggunakan satuan (menit). Dengan asumsi bahwa waktu tempuh berbanding lurus dengan jarak tempuh

kendaraan. Pada penelitian ini tidak mempertimbangkan data jarak antar lokasi kunjungan. Data waktu tempuh antar lokasi kunjungan kendaraan truk *compactor* dapat dilihat pada Lampiran 3.

#### **4.3.4 Data Rute Kendaraan Truk Compactor Dinas Kebersihan dan Pertamanan**

Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya telah memiliki rute operasional yang sudah ditetapkan sebelumnya untuk setiap kendaraan truk *compactor*. Rute yang ada didasarkan pada daerah titik lokasi penyebaran LPS di setiap wilayah kota Surabaya. Wilayah yang menjadi operasional kendaraan truk *compactor* meliputi wilayah Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Utara, dan Surabaya Pusat. Dari wilayah-wilayah tersebut terdapat beberapa LPS yang dilayani oleh truk *compactor*. Truk *compactor* memiliki rute dari satu titik lokasi LPS menuju titik lokasi LPS lain yang masih dalam satu wilayah. Penentuan rute kendaraan truk *compactor* dilakukan dengan merujuk pada data rute *existing* dengan mempertimbangkan jumlah *demand* di setiap LPS pada setiap rute dengan kapasitas truk *compactor*. Dengan asumsi bahwa satu kendaraan truk *compactor* yang melayani satu LPS yang memiliki jumlah *demand* lebih dari kapasitas truk, maka truk *compactor* yang sama atau berbeda harus melayani LPS tersebut dengan lebih dari satu kali pengangkutan. Data rute kendaraan diperoleh dari pengembangan rute *existing* dengan menambahkan sejumlah rute baru untuk sejumlah *demand* yang belum terangkut oleh satu kendaraan yang melayani LPS tersebut. Dan untuk rute kendaraan truk *compactor* SCS jalan (saluran) digunakan metode *nearest neighbor* untuk menghasilkan solusi urutan kunjungan pada satu rute kendaraan. Data rute tersebut akan mempengaruhi waktu operasional atau *cycle time* kendaraan dalam melakukan proses pengangkutan sampah. Data rute kendaraan truk *compactor* Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya dapat dilihat pada lampiran 4.

#### 4.3.5 Data Waktu Pelayanan Pada Setiap LPS

Setiap LPS memiliki sejumlah *demand* yang harus di angkut oleh kendaraan. *Demand* tersebut dihitung berdasarkan jumlah kontainer yang diletakkan untuk menampung sejumlah sampah tersebut. Dengan asumsi bahwa setiap kontainer terisi penuh dan harus dikosongkan oleh kendaraan truk *compactor*, dan dengan adanya tambahan asumsi waktu *loading* per kontainer untuk kendaraan yakni 60 detik (1 menit). Maka waktu pelayanan untuk masing-masing LPS dihitung berdasarkan jumlah kontainer yang dikosongkan dikalikan dengan *loading time* per *demand* pada setiap LPS yang dilayani kendaraan truk *compactor*. Perhitungan waktu pelayanan untuk setiap LPS akan berpengaruh pada waktu operasional kendaraan dalam satu hari. Semakin banyak jumlah *demand* yang di angkut, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk melayani proses pengangkutan di setiap LPS. Perhitungan waktu pelayanan dapat dirumuskan pada persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned} & \text{Jumlah Kontainer per LPS} \times \text{Loading Time per Demand} \\ & = \text{Service Time per LPS} \end{aligned}$$

#### 4.3.6 Data Waktu Unloading Kendaraan di LPA

Setiap kendaraan yang telah melakukan pengangkutan pada LPS memiliki muatan dengan jumlah tertentu yang harus di buang pada tempat tujuan. Kendaraan truk *compactor* dengan sejumlah kontainer yang sudah dikosongkan kemudian menuju ke LPA untuk melakukan proses *unloading* muatan. Dengan asumsi bahwa waktu *unloading* per *demand* sebesar 45 detik (0.75 menit), sehingga dapat dihitung waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan truk *compactor* saat mengunjungi LPA untuk proses pembuangan muatan. Waktu yang pelayanan kendaraan di LPA dipengaruhi oleh jumlah kontainer yang sudah di angkut dengan waktu *unloading* per *demand*. Semakin banyak jumlah kontainer yang di angkut oleh kendaraan, maka semakin

lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pembuangan di LPA. Perhitungan waktu pelayanan di LPA dapat dirumuskan pada persamaan:

$$\begin{aligned} & \text{Jumlah Kontainer yang Dikосongkan} \times \text{Unloading time per demand} \\ & = \text{Service Time LPA} \end{aligned}$$

#### **4.3.7 Data Cycle Time untuk Setiap Kendaraan dalam Melayani Rute**

Setiap kendaraan truk *compactor* dengan rute yang sudah ditentukan sebelumnya, kemudian dihitung *cycle time* untuk setiap kendaraan pada setiap rute dengan mempertimbangkan waktu perjalanan kendaraan dan waktu pelayanan pengangkutan di LPS. *Cycle time* ini digunakan untuk melihat waktu operasional kendaraan mulai dari meninggalkan depot hingga berakhir kembali ke depot. *Cycle time* dihitung berdasarkan waktu perjalanan dari depot menuju LPS yang harus dilayani, ditambah dengan waktu pelayanan pada semua LPS dalam satu rute. Kemudian ditambah dengan waktu perjalanan dari LPS menuju ke LPA, serta ditambahkan waktu perjalanan dari LPA menuju LPS yang belum terangkut dalam satu rute. Dan ditambahkan waktu perjalanan dari LPA menuju ke depot untuk mengakhiri rute kendaraan dalam satu kali operasional per hari. Data *cycle time* untuk setiap kendaraan dalam satu rute dapat dilihat di Lampiran 10 untuk data *existing* dan Lampiran 11 untuk data rute tujuan baru.

#### **4.3.8 Data Jumlah Demand dan Ritase pada Setiap LPS**

Data jumlah *demand* digunakan untuk mengetahui jumlah sampah yang harus di angkut oleh kendaraan truk *compactor* untuk setiap LPS di setiap wilayah Kota Surabaya. Data tersebut didapatkan dari wawancara langsung pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya bagian operasional kendaraan truk

*compactor*. Jumlah *demand* tersebut di ambil dari jumlah kontainer ukuran 3 m<sup>3</sup> yang diletakkan di setiap LPS untuk menampung sampah yang dikumpulkan pada LPS tersebut. Sehingga jumlah *demand* di setiap LPS merupakan jumlah kontainer yang tersedia dan terisi penuh pada LPS tersebut.

Untuk mengetahui jumlah ritase pada setiap LPS. Data tersebut didapatkan dengan melakukan perhitungan dari jumlah *demand* per kendaraan dalam satu rute dibandingkan dengan kapasitas angkut kendaraan truk *compactor*. Dengan membandingkan total *demand* di setiap LPS dengan kapasitas kendaraan truk *compactor*, maka akan didapatkan jumlah ritase yang akan mempengaruhi jumlah kendaraan yang melayani LPS tersebut dan mempengaruhi jumlah kunjungan oleh kendaraan pada LPS tersebut. Data jumlah ritase ini dapat digunakan untuk mempertimbangkan jumlah kendaraan yang digunakan untuk melayani pengangkutan sampah pada semua LPS yang tersebar di wilayah Kota Surabaya. Rumus untuk menentukan jumlah ritase untuk setiap rute kendaraan truk *compactor* adalah:

$$\frac{\text{Jumlah Demand}}{\text{Kapasitas Kendaraan}} = \text{Ritase}$$

Data jumlah *demand* dan ritase untuk setiap LPS di Kota Surabaya ini dapat dilihat pada lampiran 5.



## **BAB 5**

### **PEMBAHASAN DAN ANALISIS**

Bab ini membahas mengenai interpretasi hasil berdasarkan data-data yang dikumpulkan dan model yang telah dibangun. Dalam melakukan uji data, dilakukan pula analisa sensitivitas untuk beberapa parameter yang dianggap memiliki pengaruh signifikan terhadap model penyelesaian permasalahan.

#### **5.1 Interpretasi Hasil**

Model *Integer Linier Programming* (ILP) yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat membantu dalam menentukan keputusan mengenai jumlah kendaraan yang dapat digunakan untuk memenuhi permintaan pengangkutan sampah di LPS dengan jumlah kendaraan truk *compactor* yang minimum berdasarkan waktu operasional kendaraan pada setiap rute. Pemodelan penelitian ini dimulai dengan menentukan rute tujuan untuk kendaraan truk *compactor* dengan batasan kapasitas kendaraan yang dapat di angkut. Penyusunan rute kendaraan truk *compactor* telah dilakukan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan sebelumnya.

Dari rute yang telah ada dilakukan penyusunan kembali rute tujuan baru dengan aturan dalam penentuan LPS awal sesuai dengan rute yang sudah ada yang memiliki waktu tempuh terdekat dari depot (*shortest travel time from depot*), tambahan rute baru untuk setiap LPS dengan jumlah *demand* yang belum terangkut, dan waktu siklus kendaraan dalam satu rute (*cycle time*). Karakteristik rute yang terbentuk pada objek penelitian adalah *multi trips* yang berdasarkan jumlah *demand* pada LPS terdapat 2 cara pengambilan sampah yaitu pertama, *stationary container system direct shipping* yakni kendaraan truk *compactor* hanya melayani satu LPS saja dengan frekuensi kunjungan yang lebih dari satu kali. Kedua, *stationary container*

*system* jalan yakni kendaraan truk *compactor* melayani beberapa titik lokasi LPS dengan satu kali kunjungan pada setiap LPSnya.

Penyelesaian permasalahan VAP pada objek penelitian dengan menggunakan pendekatan *assignment problem*. Untuk menentukan rute kendaraan dilakukan secara *generate* dengan pertimbangan bahwa karakteristik rute kendaraan yang ada pada objek penelitian sangat kompleks untuk diformulasikan dalam model penelitian. Penyelesaian permasalahan pengumpulan sampah di Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya menggunakan data waktu tempuh kendaraan, waktu pelayanan kendaraan dan waktu siklus kendaraan dalam rute tujuan yang didapatkan dari objek penelitian. Data yang digunakan pada saat proses pengumpulan sampah dengan menggunakan kendaraan truk *compactor* dilakukan hanya pada 4 wilayah di Kota Surabaya yaitu: Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Utara dan Surabaya Pusat.

Penyelesaian permasalahan penelitian ini dengan fungsi tujuan untuk meminimasi jumlah kendaraan yang dapat digunakan untuk memenuhi semua rute tujuan dan penjadwalan keberangkatan kendaraan untuk setiap rute tujuan. Dengan menggunakan *Software LINGO 11* dan *Microsoft Excel* pada data *existing* rute tujuan di Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. Hasil yang didapatkan adalah gambaran jumlah kendaraan yang dapat digunakan saat proses pengumpulan sampah dan pengambilan sampah pada rute tujuan saat ini. Data yang diambil dari keempat wilayah tersebut dengan satu depot dan satu LPA untuk semua wilayah operasional kendaraan truk *compactor*.

Hasil dari *running* pada data rute tujuan *existing* menunjukkan bahwa jumlah kendaraan minimum yang dapat digunakan sejumlah 19 kendaraan truk *compactor*. Contoh rute tujuan terbentuk pada data *existing* di wilayah setiap Surabaya dapat dilihat pada Gambar 5.1 pada Lampiran 8 dan Tabel 5.1 berikut ini:

Tabel 5.1 Contoh Rute Tujuan Pada Data *Existing*.

<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 7	100	Depot – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – LPS Sepanjang Raya Prapen (20) – LPA (20) – Depot	8.93
Rute 15	40	Depot – LPS Joyoboyo (40) – LPA – Depot	3.18
Rute 16	50	Depot – LPS Joyoboyo(10) – LPS Unesa (30) – LPA (40) – LPS Unesa (10) – LPA (10) - Depot	5.39
Rute 21	40	Depot – LPS Tambak Rejo (40) – LPA (40) – Depot	3.25
Rute 22	25	Depot – LPS Tambak Rejo (25) – LPA (25) – Depot	2.81
Rute 24	26	Depot – Jl. Pandegiling (10) – Urip Sumoharjo (10) – Embong Malang (2) – Jl. Karet (1) – JMP (2) – Kemayoran Baru (1) – LPA (26) – Depot	3.24

Dari Tabel 5.1 di atas menunjukkan rute tujuan yang dapat dilalui oleh satu kendaraan dengan *cycle time* untuk setiap rute tujuan dipengaruhi oleh jumlah kontainer yang di angkut oleh kendaraan truk *compactor* dengan kapasitas 40 kontainer. Pada rute 7 kendaraan truk *compactor* hanya melayani satu LPS yaitu LPS Sepanjang Raya Prapen dengan frekuensi kunjungan pada LPS tersebut sebanyak 3 kali dengan waktu siklus kendaraan pada rute 7 sebesar 8.93 jam. Pada rute 15 dan 16 kendaraan truk *compactor* hanya melakukan pengangkutan di LPS Joyoboyo pada satu kali kunjungan dengan kendaraan yang berbeda dengan jumlah kontainer yang

diangkut memenuhi kapasitas kendaraan dan waktu siklus kendaraan sebesar 3.18 jam, rute 16 kendaraan truk *compactor* di rute tersebut juga melayani LPS Unesa dengan total kontainer yang harus dikosongkan pada rute tersebut adalah 50 kontainer, sehingga kendaraan pada rute 16 harus melakukan proses pembuangan di LPA sebanyak 2 kali. Sedangkan pada rute 21 dan rute 22, LPS Tambak Rejo dilayani oleh 2 kendaraan truk *compactor* dengan jumlah kontainer pada LPS tersebut 65 kontainer, maka ada satu kendaraan yang mengangkut 40 kontainer dengan waktu siklus 3.25 jam dan kendaraan lain mengangkut sisa kontainer yang belum di angkut oleh kendaraan sebelumnya yakni 25 kontainer dengan waktu siklus sebesar 2.81 jam. Pada rute 24 kendaran truk *compactor* melayani 6 lokasi titik LPS dengan total kontainer dari semua LPS tersebut kurang dari kapasitas kendaraan truk *compactor* sehingga kendaraan hanya melakukan satu kali kunjungan untuk setiap LPS dan dengan waktu siklus kendaraan pada rute 24 sebesar 3.24 jam. Data rute tujuan *existing* terdapat 35 rute tujuan, semua rute tujuan tersebut dapat dilihat pada lampiran 6 tentang data rute tujuan *existing* kendaraan truk *compactor*.

Dengan cara yang sama dihasilkan rute tujuan untuk setiap wilayah dengan pengambilan sampah menggunakan *stationary container system direct shipping* dan *stationary container system* jalan. Jumlah rute tujuan yang terbentuk dan waktu siklus kendaraan pada semua wilayah di Kota Surabaya yang dilayani oleh kendaraan truk *compactor* dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Rute Tujuan dan *Cycle Time* Untuk Semua Wilayah Kota Surabaya.

Nama Wilayah	Jumlah Rute Tujuan	Total Waktu (jam)
Surabaya Timur	9	38.72
Surabaya Selatan	10	39.95
Surabaya Utara	4	14.15
Surabaya Pusat	12	41.16

Dari Tabel 5.2 di atas menunjukkan bahwa jumlah rute yang terbentuk pada masing-masing wilayah di Kota Surabaya di pengaruhi oleh banyaknya rute tujuan dan LPS yang ada pada masing-masing wilayah. Pada wilayah Surabaya Utara memiliki jumlah rute tujuan paling sedikit dan *cycle time* paling kecil dibandingkan dengan wilayah lain. Hal yang paling mempengaruhi adalah jumlah rute tujuan dan waktu tempuh antar lokasi LPS dalam rute tujuan di wilayah Surabaya Utara. Sedangkan jumlah rute tujuan dan *cycle time* terbesar adalah pada wilayah Surabaya Pusat. Surabaya pusat mempunyai rute tujuan terbanyak dengan *cycle time* per hari yang paling lama untuk semua rute tujuannya. Hal ini dipengaruhi jumlah lokasi LPS yang banyak sehingga waktu tempoh kendaraan dalam satu rute tujuan akan semakin besar dan mempengaruhi waktu penyelesaian rute kendaraan pada wilayah Surabaya Pusat.

Hasil yang didapatkan dari *running* model dengan menggunakan *Software LINGO 11* menunjukkan jadwal keberangkatan dari data *existing* rute tujuan pengangkutan terdapat jumlah ritase yang harus di angkut oleh kendaraan yang berangkat pada setiap jamnya. Salah satu contohnya yaitu untuk rute tujuan LPS Sepanjang Raya Prapen (rute 7) terdapat jumlah *demand* sebesar 100 kontainer dan waktu siklus rute 7 sebesar 8.93 jam. Dengan kapasitas kendaraan maksimum 40 kontainer, hasil yang didapatkan adalah kendaraan pada rute tujuan (rute 7) dapat berangkat pada rute tujuan tersebut pada pukul 06.00 dengan total ritase yang harus di angkut adalah 3 rit. Untuk jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* setiap rute tujuan dapat dilihat pada tabel 5.1 pada halaman berikutnya:

Tabel 5.3 Hasil *Running Software LINGO 11* pada Data *Existing*.

Produk		Output										
		Time Windows Per Jam										
No.	Grup	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Rute 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	Rute 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	Rute 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	Rute 4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	Rute 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Rute 6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
7	Rute 7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Rute 8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
9	Rute 9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
10	Rute 10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11	Rute 11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	Rute 12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	Rute 13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	Rute 14	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
15	Rute 15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
16	Rute 16	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Rute 17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Rute 18	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Rute 19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
20	Rute 20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	Rute 21	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
22	Rute 22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
23	Rute 23	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Rute 24	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
25	Rute 25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
26	Rute 26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
27	Rute 27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Rute 28	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
29	Rute 29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Rute 30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
31	Rute 31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Rute 32	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
33	Rute 33	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
34	Rute 34	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
35	Rute 35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari Tabel 5.3 di atas memberikan informasi mengenai jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* pada masing-masing rute tujuan dan jumlah ritase pada setiap rute tujuan. Dengan batas operasional depot dari pukul 05.00 – 15.00, setiap kendaraan dibatasi hanya 6 ritase dari yang dapat di angkut oleh kendaraan truk *compactor* yang dapat berangkat pada setiap jamnya dengan jumlah

maksimal ritase yang di angkut adalah 3 rit. Contoh jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* pada setiap rute tujuan dan jumlah ritasenya di wilayah kota Surabaya dapat dilihat pada tabel 5.4. sebagai berikut:

Tabel 5.4 Jadwal Keberangkatan Kendaraan dan Ritase Pengangkutan.

Rute ke-	Ritase	Jadwal Keberangkatan	Cycle Time
Rute 7	3	06.00	8.93
Rute 15	1	11.00	3.18
Rute 21	1	10.00	3.25
Rute 22	1	10.00	2.81
Rute 24	1	10.00	3.24

Berdasarkan Tabel 5.4 di atas memberikan informasi dari hasil *running* model bahwa untuk rute 7 dengan *cycle time* yang lama tentunya harus berangkat lebih awal pada pukul 06.00 untuk proses pengangkutan sampah pada rute tersebut, kemudian di lanjutkan pada rute 21, 22 dan 24 yang jadwal keberangkatan kendaraan dapat di mulai dari pukul 10.00 dan dilanjutkan satu jam kemudian pada rute 15. Semua kendaraan yang melayani rute tujuan harus dapat kembali ke depot dengan mempertimbangkan *cycle time* tiap rute tujuan harus tidak melebihi jam tutup depot yang telah ditetapkan yakni 11 jam. Batasan jumlah ritase yang dapat di angkut setiap jamnya dan batas maksimum jumlah ritase yang di angkut, hal ini bertujuan untuk membatasi jumlah kendaraan yang keluar dari depot pada setiap jamnya, sehingga tidak terjadi antrian kendaraan truk *compactor* ketika kendaraan truk *compactor* menuju LPA untuk proses pembuangan muatan sampah. Dan membatasi frekuensi kunjungan kendaraan truk *compactor* dalam melakukan proses *unloading* muatan di

LPA. Untuk melihat jadwal keberangkatan kendaraan dapat dilihat pada Lampiran 12.

Dari kondisi rute tujuan *existing* kemudian dilakukan *generate* rute tujuan baru untuk kendaraan truk *compactor* secara manual dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan truk *compactor* dan jumlah kontainer di LPS yang di angkut kurang dari kapasitas muatan maksimum kendaraan, kendaraan tersebut dapat menuju ke LPS lain dengan jumlah kontainer yang belum di angkut oleh kendaraan truk *compactor* lain. Membangkitkan Rute tujuan baru sesuai asumsi dasar penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan rute tujuan baru dan penambahan rute tujuan dari LPS yang mempunyai jumlah kontainer yang belum di angkut oleh kendaraan truk *compactor* sebelumnya harus di angkut oleh kendaraan truk *compactor* yang berbeda. Sehingga adanya rute tujuan baru dari sejumlah LPS dengan jumlah kontainer yang belum di angkut oleh kendaraan truk *compactor* sebelumnya.

Membangkitkan rute tujuan baru ditujukan untuk memaksimalkan jumlah kontainer yang dapat di angkut oleh satu kendaraan truk *compactor*. Perubahan tersebut dapat mempengaruhi jumlah ritase pada setiap rute kendaraan. Dari perubahan rute tujuan akan dilakukan *running model* untuk menentukan jumlah kendaraan yang dapat digunakan dan jadwal keberangkatan dari perubahan tersebut. Dengan cara yang sama dihasilkan rute tujuan baru yang menunjukkan bahwa jumlah minimum kendaraan yang optimal digunakan sejumlah 13 kendaraan truk *compactor* dengan jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* sejumlah 5 ritase untuk semua rute tujuan untuk setiap jamnya dan jumlah maksimal ritase dalam satu rute tujuan adalah 2 rit. Sebagai contoh rute tujuan baru yang terbentuk dengan menyusun rute kendaraan truk *compactor* di wilayah kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 5.2 di Lampiran 9 dan Tabel 5.5 sebagai berikut di halaman berikutnya:



Tabel 5.5 Contoh Rute Tujuan Pada Data Rute Tujuan Baru.

<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 4	80	Depot – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40)	6.40
Rute 8	30	– Depot Depot – Taman Flora (10) – LPS Sepanjang Raya Prapen (20) – LPA (30) – Depot	2.96
Rute 12	40	Depot – LPS Joyoboyo (40) – LPA – Depot	3.18
Rute 17	40	Depot – LPS Siwalankerto (10) – LPS Gayung Pring (20) – LPS Joyoboyo (10) – LPA (40) – Depot	3.68
Rute 20	40	Depot – LPS Tambak Rejo (40) – LPA (40) – Depot	3.25
Rute 22	40	Depot – LPS Tambak Rejo (25) – LPS Endroso (15) – LPA (40) – Depot	3.45
Rute 29	26	Depot – Urip Sumoharjo (10) – Jl. Pandegiling (10) – Embong Malang (2) – Jl. Karet (1) – JMP (2) – Kemayoran Baru (1) – LPA (26) – Depot	3.09

Dari Tabel 5.5 di atas dapat dilihat bahwa rute tujuan yang dapat dilalui oleh kendaraan dengan *cycle time* untuk setiap rute tujuan yang berbeda-beda. Hal ini dapat dipengaruhi oleh bauran jumlah *demand* yang di angkut pada masing-masing rute tujuan kendaraan. Pada rute 4 kendaraan truk *compactor* hanya melayani satu LPS yaitu LPS Sepanjang Raya Prapen dengan frekuensi kunjungan pada LPS tersebut sebanyak 2 kali yang awalnya pada data rute *existing* sebanyak 3 kali. Dan waktu siklus kendaraan pada LPS Sepanjang Raya Prapen menjadi 6.40 jam dari sebelumnya sebesar 8.93 jam. Ini dikarenakan ada jumlah kontainer pada LPS tersebut yang di angkut oleh kendaraan lain dengan rute baru yaitu rute 8. Dimana

rute baru ini juga melayani pengangkutan sampah di LPS Taman Flora. Sehingga waktu siklus untuk melayani LPS Sepanjang Raya Prapen dapat dilayani oleh rute lainnya. Sedangkan pada LPS Joyoboyo dan LPS Tambak Rejo juga terdapat rute tujuan baru yang melayani proses pengangkutan sampah di kedua LPS tersebut dengan kendaraan yang berbeda. Waktu siklus pada LPS Joyoboyo dan LPS Tambak Rejo juga menjadi minimal dibandingkan dengan sebelum dilakukan *generate* untuk rute tujuan baru. Pada rute 29 kendaraan truk *compactor* melayani 6 lokasi titik LPS dengan total kontainer dari semua LPS tersebut kurang dari kapasitas kendaraan truk *compactor* sehingga kendaraan hanya melakukan satu kali kunjungan untuk setiap LPS, dengan hanya merubah urutan kunjungan kendaraan maka waktu siklus kendaraan pada rute ini dapat diminimalkan sebesar 3.09 jam. Data rute tujuan baru dengan penentuan rute secara *generate* terdapat 31 rute tujuan, semua rute tujuan tersebut dapat dilihat pada lampiran 7 tentang perubahan data rute tujuan kendaraan truk *compactor* dengan cara membangkitkan rute baru.

Hasil dari *running Software LINGO 11* diinformasikan bahwa terdapat minimum 13 jumlah kendaraan yang dapat melayani semua rute tujuan. Dengan batasan jumlah ritase untuk kendaraan truk *compactor* sebanyak 5 ritase setiap jamnya dengan batas maksimum ritase setiap rute tujuan adalah 2 rit. Dengan perlakuan data yang sama dihasilkan rute tujuan untuk setiap wilayah dengan pengambilan sampah menggunakan *stationary container system direct shipping* dan *stationary container system* jalan. Jumlah rute tujuan yang terbentuk dan waktu siklus kendaraan pada semua wilayah di Kota Surabaya yang dilayani oleh kendaraan truk *compactor* dapat dilihat Sesuai pada Tabel 5.6 sebagai berikut:

Tabel 5.6 Rute Tujuan Baru dan *Cycle Time* Baru Untuk Semua Wilayah Kota Surabaya.

Nama Wilayah	Jumlah Rute Tujuan	Total Waktu (jam)
Surabaya Timur	8	31.80
Surabaya Selatan	10	33.95
Surabaya Utara	4	12.78
Surabaya Pusat	9	37.71

Dari Tabel 5.6 menunjukkan bahwa jumlah rute yang ada pada masing-masing wilayah di Kota Surabaya dipengaruhi oleh banyaknya rute tujuan dan LPS yang ada pada masing-masing wilayah. Pada wilayah Surabaya Utara memiliki jumlah rute tujuan paling sedikit dan *cycle time* paling kecil dibandingkan dengan wilayah lain. Adanya perubahan pada *cycle time* di Surabaya Utara yang menjadi 12.78 jam untuk semua rute tujuan di wilayah tersebut. Hal yang paling mempengaruhi adalah perubahan rute tujuan baru dan waktu tempuh antar lokasi LPS dalam rute tujuan di wilayah Surabaya Utara. Sedangkan jumlah rute tujuan dan *cycle time* terbesar adalah pada wilayah Surabaya Pusat dengan waktu total sebesar 37.71 jam. Surabaya pusat mempunyai rute tujuan terbanyak dengan *cycle time* per hari yang paling lama untuk semua rute tujuannya. Hal ini dipengaruhi jumlah lokasi LPS yang banyak sehingga waktu tempuh kendaraan dalam satu rute tujuan akan semakin besar dan mempengaruhi waktu penyelesaian rute kendaraan pada wilayah Surabaya Pusat. Secara keseluruhan perubahan rute tujuan baru dengan membangkitkan rute tujuan baru berdasarkan rute tujuan *existing* dapat menurunkan *cycle time* untuk setiap wilayah di Kota Surabaya.

Hasil yang diperoleh dari *running model* dengan data rute tujuan baru secara manual yang memberikan perubahan jadwal keberangkatan dari data rute tujuan sebelumnya. Hasil *Software LINGO 11* memberikan informasi mengenai jadwal

keberangkatan kendaraan pada setiap rute tujuan. Hasil *output* dari *running* model dapat dilihat pada tabel 5.7 di halaman berikutnya:

Tabel 5.7 Hasil Penjadwal Keberangkatan Kendaraan Truk *Compactor* Dengan Jumlah Ritasenya Pada Rute Tujuan Baru.

Produk		OUTPUT										
		Waktu Berangkat per Jam										
No.	Grup	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Rute 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	Rute 2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Rute 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	Rute 4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Rute 5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	Rute 6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	Rute 7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	Rute 8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	Rute 9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
10	Rute 10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
11	Rute 11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
12	Rute 12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	Rute 13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	Rute 14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15	Rute 15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16	Rute 16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17	Rute 17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
18	Rute 18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19	Rute 19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
20	Rute 20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
21	Rute 21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
22	Rute 22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
23	Rute 23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
24	Rute 24	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Rute 25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Rute 26	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	Rute 27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Rute 28	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Rute 29	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Rute 30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Rute 31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan Tabel 5.2 di atas diketahui bahwa jumlah maksimal ritase yang dapat di angkut untuk setiap jamnya adalah 5 ritase untuk semua rute tujuan, dengan maksimal jumlah ritase yang dapat di angkut oleh setiap rute adalah 2 rit. Ini artinya bahwa setiap kendaraan dengan batasan jumlah ritase yang di angkut kendaraan truk *compactor* untuk setiap rute dapat mengurangi frekuensi kunjungan ke LPA. Dari data di atas menunjukkan bahwa pada rute 4, rute 8, rute 12, rute 17, rute 20, rute 22, dan rute 29 memiliki jumlah ritase masing-masing sesuai dengan total kontainer dari setiap rute. Dengan batasan jumlah ritase pada setiap rute hanya dibatasi 2 rit, maka hal ini menunjukkan bahwa kendaraan truk *compactor* yang melayani rute tujuan tersebut harus melakukan 2 kali kunjungan ke LPA untuk proses *unloading* muatan dari LPS yang dilayani pada rute tersebut. Semakin besar jumlah *demand* pada LPS di setiap rute tujuan, maka akan berpengaruh pada frekuensi kunjungan kendaraan truk *compactor* di LPA. Berikut merupakan contoh jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* pada setiap rute tujuan baru dan jumlah ritasinya di wilayah Kota Surabaya pada tabel 5.8 sebagai berikut:

Tabel 5.8 Jadwal Keberangkatan Kendaraan dan Ritase Pengangkutan.

<b>Rute ke-</b>	<b>Ritase</b>	<b>Jadwal Keberangkatan</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 4	2	06.00	6.40
Rute 8	1	12.00	2.96
Rute 12	1	10.00	3.18
Rute 17	1	09.00	3.68
Rute 20	1	08.00	3.25
Rute 22	1	08.00	3.45
Rute 29	1	07.00	3.09

Berdasarkan Tabel 5.8 di atas memberikan informasi bahwa untuk rute 4 dengan *cycle time* yang lama tentunya harus berangkat lebih awal pada pukul 06.00 dengan jumlah ritase 2 rit. Dan dilanjutkan pada rute 29 dengan kendaraan truk *compactor* dapat memulai keberangkatan pada am 07.00 dengan 1 ritase pengangkutan sampah. Kemudian dilanjutkan pada rute 20 dan rute 22 dengan jadwal keberangkatan kendaraan dapat di mulai dari pukul 08.00 dengan jumlah ritase 1 rit pada masing-masing rute tujuan. Selanjutnya pada jam 09.00 kendaraan truk *compactor* dalam melayani rute 17 dengan jumlah ritase 1 rit dapat berangkat dari depot. Satu jam kemudian yakni jam 10.00, kendaraan truk *compactor* dapat berangkat untuk menuju pada rute 12. Dan untuk rute 8, kendaraan truk *compactor* dapat memulai jadwal keberangkatan kendaraan pada pukul 12.00 dengan jumlah ritase 1 rit. Untuk melihat semua jadwal kendaraan untuk kendaraan *compactor* dapat dilihat pada Lampiran 13.

## 5.2 Analisa Sensitivitas

Pada Sub-bab ini akan dibahas mengenai analisa sensitivitas dari beberapa parameter yang di anggap memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil keputusan yang dihasilkan oleh model. Paramater yang dilakukan analisa sensitivitas adalah parameter jumlah *demand* ( $D_i$ ) untuk setiap rute tujuan. Dengan melakukan kenaikan jumlah *demand* dari data kondisi *existing* dengan jumlah *demand* setiap LPS naik sebesar 10%, 20% dan 40 %. Hal ini dilakukan untuk melihat perubahan dari solusi yang dihasilkan ketika terjadi perubahan pada satu parameter.

### 5.2.1 Analisis Sensitivitas Terhadap Parameter *Demand* ( $D_i$ )

Parameter yang dilakukan analisa sensitivitas adalah parameter *demand* yang terdapat di rute tujuan  $i$  ( $D_i$ ). Parameter  $D_i$  ini akan sangat mempengaruhi beberapa keputusan yaitu jumlah kendaraan truk *compactor* yang dapat digunakan untuk

memenuhi *demand* pada semua rute tujuan dan jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* dengan mempertimbangkan waktu tempuh dan waktu pelayanan di setiap LPS, dimana waktu pelayanan dipengaruhi oleh jumlah *demand* pada setiap LPS di setiap rute tujuan. Dalam melakukan analisa sensitivitas ini dilakukan sebuah percobaan dimana jumlah  $D_i$  dari kondisi awal akan di rubah dengan menyusun rute tujuan baru dengan meningkatkan jumlah *demand* di setiap LPS sebesar 10%, 20% dan 40%. Dari perubahan tersebut akan mempengaruhi jumlah kendaraan truk *compactor* yang digunakan dengan batasan jumlah kendaraan yang keluar dari depot untuk setiap jam ( $n$ ), jumlah maksimum ritase yang dapat di angkut oleh kendaraan pada setiap rute tujuan ( $m$ ) dan total *cycle time* ( $CT_I$ ) untuk setiap kondisi. Hasil perbandingan dari kelima kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.9 pada halaman berikutnya:

Tabel 5.9 Perbandingan Hasil Perubahan Paramater  $D_i$

<b>Total <i>Demand</i> (<math>D_i</math>)</b>	<b>Jumlah Rute</b>	<b>Fungsi Tujuan</b>	<b>Jumlah Ritase Kendaraan Berangkat Per Jam (<math>n</math>)</b>	<b>Jumlah Maksimum Ritase (<math>m</math>)</b>	<b><i>Total Cycle Time</i> (CT) Per Hari</b>
1297 ( <i>Existing</i> )	35 Rute	19 Kendaraan	6	3	133.98
1297 (Rute Baru)	31 Rute	13 Kendaraan	5	2	113.25
1427 (Naik 10%)	32 Rute	17 Kendaraan	5	2	124.51
1556 (Naik 20%)	32 Rute	20 Kendaraan	6	3	136.59
1816 (Naik 40%)	30 Rute	28 Kendaraan	9	4	154.77

Berdasarkan Tabel 5.9 di atas diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari nilai *objective function* yang dihasilkan diantara kelima kondisi tersebut. Perbedaan antara kondisi awal dengan *generate* rute terletak pada pembentukan rute tujuan. Dengan mempertimbangkan kecukupan kapasitas kendaraan truk *compactor*, maka terdapat beberapa rute tujuan awal yang dapat digabungkan dengan rute tujuan lain yang masih memenuhi kapasitas kendaraan dengan tujuan untuk memaksimalkan daya angkut kendaraan. Dari rute tujuan yang baru kemudian dilakukan peningkatan permintaan sebesar 10%, 20%, dan 40% untuk masing-masing LPS. Dari kenaikan permintaan tersebut maka akan merubah rute tujuan yang terbentuk dan nilai fungsi tujuannya. Perbedaan nilai fungsi tujuan juga disebabkan oleh perbedaan jumlah rute kendaraan dan *cycle time* untuk setiap rute tujuan kendaraan truk *compactor*. Seperti yang terlihat pada Tabel 5.9 di atas, pada kondisi awal dan kondisi dengan *generate* rute baru terdapat jumlah permintaan yang sama dengan nilai tujuan yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah rute tujuan yang terbentuk dan total *cycle time* yang lebih minimum. Selisih antara nilai tujuan dari rute tujuan pada kondisi awal dengan rute tujuan baru terpaut 5 kendaraan truk *compactor* dengan total *cycle time* yang dibutuhkan oleh kendaraan truk *compactor* berselisih 20.23 jam per hari.

Dengan bertambahnya jumlah permintaan pada setiap LPS yang dilayani oleh kendaraan truk *compactor* maka jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani permintaan tersebut juga akan bertambah. Jumlah kendaraan truk *compactor* yang akan melayani proses pengangkutan sampah akan semakin lama dengan bertambahnya waktu pelayanan pada setiap LPS dan frekuensi kunjungan pada setiap LPS. Sehingga akan mempengaruhi lama *cycle time* pada masing-masing rute tujuan. Begitu pula ketika kenaikan permintaan semakin tinggi, maka jumlah ritase maksimum untuk setiap rute tujuan akan semakin bertambah dan berpengaruh pada frekuensi kunjungan di LPS dan di LPA. Dengan jumlah ritase maksimum yang bertambah akan mempengaruhi jumlah ritase minimum yang dapat diangkut oleh kendaraan truk *compactor* yang berangkat untuk melayani rute tujuan tersebut.



Semakin bertambahnya kendaraan yang berangkat pada per jam, akan mempengaruhi kepadatan kendaraan di jalan dan mempengaruhi penumpukan kendaraan ketika berada di LPA. Dengan kata lain, peningkatan jumlah permintaan di LPS akan berbanding lurus dengan jumlah kendaraan truk *compactor* yang dibutuhkan, jumlah ritase maksimum yang di angkut kendaraan dan total *cycle time* yang dibutuhkan kendaraan untuk proses pengangkutan permintaan pada semua rute tujuan per hari. Seperti yang terlihat pada Tabel 5.9 di atas, selisih dari kenaikan permintaan terhadap parameter lain berpengaruh secara signifikan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan interpretasi hasil dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya, data waktu tempuh kendaraan dari *Google Maps*, dan data olahan. Dengan menggunakan model yang dibangun diputuskan bahwa jumlah minimum kendaraan yang dibutuhkan adalah 13 kendaraan truk *compactor* dari 37 kendaraan truk *compactor* yang dimiliki oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya serta dengan jumlah minimum ritase kendaraan yang berangkat untuk setiap jamnya adalah 5 ritase dan maksimum 2 rit untuk setiap rute tujuan kendaraan truk *compactor*. Jumlah kendaraan truk *compactor* dan jadwal keberangkatan kendaraan truk *compactor* tersebut digunakan untuk operasional harian dalam proses pengangkutan sampah pada semua LPS yang dilayani oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.
2. Perubahan jumlah permintaan akan mempengaruhi jumlah kendaraan yang dibutuhkan dari rute tujuan yang ada. Semakin bertambahnya permintaan maka jumlah kendaraan untuk melayani pengangkutan di LPS akan semakin banyak dan frekuensi pengangkutan di LPS juga akan semakin bertambah.

Peningkatan permintaan di LPS juga mempengaruhi lama *cycle time* pada masing-masing rute tujuan. Dimana *cycle time* untuk rute tujuan dipengaruhi oleh lama waktu pelayanan pengangkutan di setiap LPS dengan jumlah permintaan yang harus di angkut oleh kendaraan truk *compactor* pada setiap rute tujuan. Dengan kata lain peningkatan permintaan akan berbanding lurus dengan jumlah kendaraan yang digunakan, jumlah ritase kendaraan untuk setiap jam berangkat, dan *cycle time* yang dibutuhkan kendaraan untuk melayani setiap rute tujuan kendaraan truk *compactor*.

## **6.2 Saran**

Dari penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang diberikan untuk Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya dan untuk penelitian selanjutnya.

### **6.2.1 Saran untuk Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya**

Penelitian ini mempertimbangkan perubahan rute tujuan baru berdasarkan rute tujuan pada kondisi awal, dengan data yang sama didapatkan jumlah kendaraan yang lebih kecil dibandingkan dengan jumlah kendaraan yang dimiliki oleh DKP saat ini. DKP perlu mempertimbangkan waktu penyelesaian pada setiap rute tujuan sehingga kendaraan yang sudah kembali ke depot dapat beroperasi kembali dengan rute tujuan yang berbeda. Sehingga dapat meningkatkan *available* kendaraan yang dimiliki oleh DKP. Dan DKP juga perlu mempertimbangkan penambahan LPS baru yang akan mempengaruhi rute tujuan kendaraan yang sudah ada untuk memaksimalkan kendaraan yang dimiliki. Tidak hanya waktu penyelesaian dan penambahan LPS baru, DKP juga harus mempertimbangkan *maintance* kendaraan truk *compactor*, ketika kendaraan dalam kondisi *maintance* atau *break down*, maka DKP dapat menggantikan langsung truk *compactor* tersebut dengan truk *compactor* lain yang belum ditugaskan untuk melayani rute tujuan yang ada.

### **6.2.2    Saran untuk Penelitian Selanjutnya**

Pada penelitian ini, penyelesaian permasalahan model WCVRPTW dengan menggunakan pendekatan *assignment problem* pada satu jenis kendaraan saja. Untuk melengkapi penelitian ini dapat mempertimbangkan pengguna *Decision Support System* (DSS) untuk mendukung pengambilan keputusan dengan cepat. Diharapkan dengan DSS dapat menyelesaikan permasalahan dengan cepat ketika adanya *rerouting* tujuan untuk kendaraan.

*(Halaman ini sengaja untuk dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Amico, M. D., Monaci, M., Pagani, C., & Vigo, D. (2007). Heuristic Approaches for the Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 516-526.
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management : Palnning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). *Linier Programming and Network Flows*. New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc.
- Braekers, K., Ramaekers, K., & Nieuwenhuyse, I. V. (2016). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*.
- Buhrkal, K., Larsen, A., & Ropke, S. (2012). The waste collection vehicle routing problem with time windows in a city logistics context. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 241-251.
- Das, S., & Bhattacharyya, B. K. (2015). Optimization of municipal waste collection and transportation routes. *Waste Management*, 9-18.
- Ellabib, I., Otman, A. B., & Calamai, P. (2002). An Experimental Study of a Simple Ant Colony System for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. *ANTS, LNCS*, 53-64.
- Fitria, L., Susanto, S., & Suprayogi. (2009). Penentuan Rute Truk Pengumpulan dan Pengangkutan sampah Di Bandung. *Jurnal Teknik Industri, Vol.11, No. 1, Juni*, 51-60.
- Glassey, C., & Mizrach, M. (1986). A decision support system for assignung classes to rooms. *Interfaces*, 92-100.
- Huang, S. H., & Lin, P. C. (2015). Vehicle routing-scheduling for municipal waste collection system under the "Keep Trash off the Ground" policy. *Omega*, 55, 24-37.
- Jacobsen, R., Buysse, J., & Gellynck, X. (2013). Cost comparison between private and public collection of residual household waste. *waste management*, 3-11.

- Kaur, P., Sharma, A., Verma, V., & Dahiya, K. (2016). A priority based assignment problem. *Applied Mathematical Modelling*, 7784-7795.
- Kumar, S. N., & Panneerselvam, R. (2012). A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants. *Intelligent Information Management*, 66-74.
- Laureri, F., Minciardi, R., & Robba, M. (2016). An algorithm for optimal collection of wet waste. *waste management*, 56-63.
- Li, J. Q., Borenstein, D., & Mirchandani, P. B. (2008). Truck scheduling for solid waste collection in the City of Poto Alegre, Brazil. *Omega*, 1133-1149.
- Markov, I., Varone, S., & Bierlaire, M. (2016). Integrating a heterogenous fixed fleet and a flexible assignment of destination depots in the waste collection VRP with Intermediate facilities. *Transportation Research Part B*, 256-273.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Nomor 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Philips, A. E., Waterer, H., Ehrgott, M., & Ryan, D. M. (2015). Integer programming methods for large scale practical classroom assignment problem. *Computer & Operations Research*, 42-53.
- Pillac, V., Gendreau, M., Gueret, C., & Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 1-11.
- Suthukarnnarunai, N. (2008). A Sweep Algorithm for the Mix Fleet Vehicle Routing Problem. *Proceeding of the International MultiConference of Engineering and Computer Scientist*.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Umum, M. P. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3*. Jakarta.
- Xue, W., Coa, K., & Li, W. (2015). Municipal solid waste collection optimization in Singapore. *Applied Geography*, 182-190.
- Yeun, L. C., Ismail, W. R., Omar, K., & Zirour, M. (2008). Vehicle Routing Problem: Models and Solutions. *Quality Measurement and Analysis*, 205-218.



**Lampiran 1. Data Kendaraan Truk *Compactor***

<b>DATA KENDARAAN DINAS KEBERSIHAN DAN PERTAMANAN</b>				
<b>No</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Jenis Truk</b>	<b>Merk dan Type</b>	<b>Tahun</b>
1	L9384NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2013
2	L9385NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2013
3	L9386NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2013
4	L9388NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2013
5	L9389NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2013
6	L9452NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2014
7	L9448NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2014
8	L9451NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2014
9	L9453NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2014
10	L9455NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2014
11	L9454NP	Compektor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2014
12	L9553NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
13	L9554NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
14	L9555NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
15	L9556NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
16	L9557NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
17	L9560NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
18	L9561NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2015
19	L9689NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
20	L9690NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
21	L9691NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
22	L9692NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
23	L9694NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
24	L9695NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
25	L9697NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
26	L9698NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
27	L9699NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
28	L9701NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
29	L9703NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
30	L9704NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016
31	L9705NP	Compactor	HINO/FG8JJBK GGJ ( FG235JJ )	2016

**Lampiran 1. Data Kendaraan Truk *Compactor* (Lanjutan)**

<b>DATA KENDARAAN DINAS KEBERSIHAN DAN PERTAMANAN</b>				
<b>No</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Jenis Truk</b>	<b>Merk dan Type</b>	<b>Tahun</b>
32	L9706NP	Compactor	HINO/FG8JJB GGJ ( FG235JJ )	2016
33	L9715NP	Compactor	HINO/FG8JJB GGJ ( FG235JJ )	2016
34	L9716NP	Compactor	HINO/FG8JJB GGJ ( FG235JJ )	2016
35	L9717NP	Compactor	HINO/FG8JJB GGJ ( FG235JJ )	2016
36	L9627NP	Compactor	HINO/FG8JJ1D BGJ	2015
37	L9688NP	Compactor	HINO/FG8JJB GGJ ( FG235JJ )	2016

**Lampiran 2. Data Lokasi LPS Kendaraan Truk *Compactor***

<b>DATA LPS</b> <b>DINAS KEBERSIHAN DAN PERTAMANAN</b>			
<b>No</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Surabaya Bagian</b>
1	L9384NP	Lps Srikana	Timur
2	L9385NP	Jl. Pandegiling, Urip Sumoharjo, Embong Malang. Jl. Karet JMP Kemayoran Baru	Pusat
3	L9386NP	Lps Bratang	Timur
4	L9388NP	Taman Bungkul, Taman Sulawesi, Taman Lansia, Kantor Pmi (Embong Ploso), Taman Prestasi, Balai Pemuda, Kantor Dprd, Jogging Track Pusura, St.Gubeng, Pdam.	Pusat
5	L9389NP	Lps Srikana	Timur
6	L9452NP	Lps Gayung Pring	Selatan
7	L9448NP	LPS Semut Kali	Utara
8	L9451NP	Lps Ngagel	Selatan
9	L9453NP	Lps Boktong, Taman Flora, Kalisumo	Timur
10	L9455NP	Lps Ketampon, Rs Bhayangkara, Monumen Polisi Istimewa	Selatan
11	L9454NP	Lps Jemur Wonosari	Selatan
12	L9553NP	Lps Kayon, Siola	Pusat
13	L9554NP	Lps Tambak Rejo	Pusat
14	L9555NP	Ps. Keputran	Pusat

**Lampiran 2. Data Lokasi LPS Kendaraan Truk *Compactor* (Lanjutan)**

<b>DATA LPS</b>			
<b>DINAS KEBERSIHAN DAN PERTAMANAN</b>			
<b>No</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Surabaya Bagian</b>
16	L9557NP	Lps Pandegiling	Pusat
17	L9560NP	Lps Tambak Rejo	Utara
18	L9561NP	Lps Simpang Dukuh, Lps Candipuro, Taman Apsari, Ps Genteng, Taman Expresi,	Pusat
19	L9689NP	Lps Kendalsari, Kebun Bibit Wonorejo	Selatan
20	L9690NP	Lps. Peneleh, LPS demak	Pusat
21	L9691NP	Lps Pandegiling	Pusat
22	L9692NP	LPS Sulung Kali, LPS Indosono	Utara
23	L9694NP	LPS Joyoboyo,	Selatan
24	L9695NP	Lps Bratang	Timur
25	L9697NP	Lps Demak	Pusat
26	L9698NP	Lps Sepanjang Raya Prapen	Timur
27	L9699NP	Lps Sutorejo, Jl. Larangan	Timur
28	L9701NP	LPS Bukit Barisan	Pusat
29	L9703NP	LPS Joyoboyo, LPs Unesa	Selatan
30	L9704NP	LPS Bratang	Timur
31	L9705NP	LPs Siwalan Kerto	Selatan
32	L9706NP	LPS Bukit Barisan	Pusat
33	L9715NP	LPS Legundi	Timur
34	L9716NP	LPS Kedunganyar	Selatan
35	L9717NP	LPS Pasar Kembang	Selatan
36	L9627NP	Cadangan	Cadangan
37	L9688NP	Cadangan	Cadangan

## Lampiran 3. Data Waktu Tempuh Kendaraan Truk *Compactor* Antar Lokasi LPS

Tij	DEPO	Lps Srikana	Jl. Pandegling	LPS Pandegling	Urp Sumoharjo	Embung Malang	Jl. Karet	JMP	Kemayoran Baru	Lps Bratang	Taman Bungkul	Taman Subawesi	Taman Lansia	Kantor PM (Embung Ploso)	Taman Prestasi	Balai Pemuda	Kantor DRPD	Jogging Track Pusura	ST. Gubeng	PDAM	Lps Gayung Pring	LPS Semut Kali	Lps Ngigel	Lps Boklong	Taman Flora	Kalisumo	Lps Ketampin	RS. Bhayangkara	Monumen Pahlawan
DEPO	0	9	14	14	14	14	24	30	26	11	15	7	10	17	16	16	15	37	14	13	26	24	12	1	9	12	18	24	19
Lps Srikana	4	0	16	16	14	12	23	26	22	9	14	9	8	10	11	15	21	36	8	5	27	16	11	6	11	7	17	24	20
Jl. Pandegling	15	15	0	1	4	10	19	21	18	18	10	11	8	13	15	11	17	21	12	18	22	19	16	17	17	17	7	23	14
LPS Pandegling	15	15	1	0	4	10	19	21	18	18	10	11	8	13	15	11	17	21	12	18	22	19	16	17	17	17	7	23	14
Urp Sumoharjo	13	12	9	9	0	4	14	16	17	12	4	6	4	10	10	8	8	10	7	10	23	14	6	14	13	15	5	18	2
Embung Malang	14	17	15	15	13	0	7	13	9	19	11	12	11	8	6	6	5	9	10	11	27	9	14	17	21	21	11	25	9
Jl. Karet	19	19	23	23	18	9	0	3	6	23	15	16	14	14	15	13	10	14	12	15	35	5	18	23	25	26	19	29	14
JMP	19	18	22	22	17	10	4	0	6	23	15	16	14	13	14	12	10	14	12	16	33	6	18	22	26	26	19	32	17
Kemayoran Baru	22	21	24	24	20	12	6	6	0	26	17	19	17	16	16	15	12	15	15	18	32	7	20	24	27	28	21	31	16
Lps Bratang	13	11	14	14	16	15	24	30	28	0	9	10	13	18	18	17	15	18	15	12	18	22	6	11	2	1	13	18	14
Taman Bungkul	15	15	9	9	7	10	19	23	21	10	0	10	9	14	14	11	11	13	13	18	14	17	4	18	13	10	6	14	12
Taman Subawesi	13	11	12	12	13	10	19	24	22	9	7	0	7	11	12	12	10	11	10	12	20	16	3	14	10	11	13	20	10
Taman Lansia	6	7	10	10	9	8	16	22	19	10	8	2	0	9	9	8	7	9	7	8	22	13	5	8	11	12	13	22	7
Kantor PM (Embung Ploso)	11	9	9	9	7	6	13	19	18	14	8	6	4	0	5	3	9	4	7	8	22	10	9	12	15	16	8	21	5
Taman Prestasi	10	9	10	10	9	5	9	16	14	17	9	9	7	5	0	9	7	4	6	7	24	6	11	12	16	18	12	22	7
Balai Pemuda	9	7	8	8	6	3	10	16	16	14	7	7	5	1	2	0	2	1	5	6	21	8	8	11	14	16	9	21	4
Kantor DRPD	9	7	23	23	10	6	10	18	15	15	9	7	5	2	3	0	4	4	5	24	7	11	10	14	16	12	12	23	7
Jogging Track Pusura	9	7	21	21	10	5	10	18	15	15	9	7	5	5	1	5	1	0	4	5	22	7	10	26	14	16	12	23	7
ST. Gubeng	9	8	11	11	9	6	13	19	18	12	8	4	2	5	5	8	4	4	0	8	25	10	7	11	12	14	12	24	8
PDAM	9	8	13	13	10	6	13	20	20	14	9	6	4	5	6	8	5	5	4	0	24	10	10	11	13	15	13	24	8
Lps Gayung Pring	30	31	21	21	22	22	34	38	33	22	16	26	25	28	29	27	29	24	33	32	0	33	18	32	24	25	16	5	22
LPS Semut Kali	16	16	19	19	16	6	7	10	9	22	13	14	12	11	11	10	8	11	10	13	31	0	16	20	22	25	16	29	13
Lps Ngigel	11	12	9	9	12	10	19	24	23	7	9	6	6	11	12	11	9	10	10	12	17	15	0	14	7	8	8	18	7
Lps Boklong	5	11	20	20	17	17	27	31	26	15	17	11	13	18	18	19	17	19	12	12	27	25	18	0	12	14	20	27	23
Taman Flora	8	12	18	18	17	17	25	31	30	4	9	10	13	18	20	18	16	18	16	12	19	23	7	10	0	6	13	18	14
Kalisumo	12	11	17	17	17	16	24	30	30	2	9	10	13	18	19	19	16	17	16	12	22	22	7	11	4	0	11	18	11
Lps Ketampin	18	18	8	8	5	8	17	22	21	15	4	13	11	10	11	10	10	12	13	14	18	16	7	19	14	13	0	15	30
RS. Bhayangkara	22	26	20	20	16	16	27	30	32	14	9	19	19	23	22	18	20	21	20	22	9	25	20	30	15	14	11	0	18
Monumen Pahlawan	13	13	5	5	5	9	17	22	23	12	4	8	7	11	12	10	10	10	10	13	20	14	5	14	12	13	5	14	0
Lps Jemur Wonorejo	20	25	28	28	22	23	36	36	40	13	18	24	26	29	28	24	26	27	27	23	12	33	19	26	11	14	19	8	25
Lps Kiyon	9	10	8	8	6	5	14	18	20	15	6	5	3	4	5	6	3	4	6	7	22	10	8	10	14	14	9	19	4
Siola	14	13	16	16	9	2	10	15	16	17	8	9	8	5	5	3	3	4	7	8	25	8	11	14	17	19	9	22	7
Lps Tambak Rejo	14	12	21	21	18	13	14	19	21	21	16	12	11	14	12	12	13	8	10	35	10	15	17	21	22	18	30	16	
Ps. Keputran	10	10	6	6	6	5	14	18	20	13	5	5	3	8	8	6	6	7	6	10	21	12	5	10	12	14	7	19	3
Saluran Dinoyo	13	14	11	11	8	11	20	22	25	10	4	8	9	12	13	12	10	12	9	14	19	15	2	15	9	10	7	15	6
Saluran Dermokali	16	16	13	13	9	7	21	25	22	9	1	10	11	15	15	12	11	15	13	15	13	19	4	17	11	10	5	11	11
PS. Bungs Kiyon	9	10	8	8	8	5	13	18	19	14	6	6	4	3	4	6	2	3	6	7	23	9	11	13	15	15	8	18	5
Saluran Darmasangsang	6	2	19	19	14	10	17	25	23	11	12	10	8	9	13	13	7	9	7	3	27	13	12	7	10	11	13	25	11
Saluran Wonorejo	43	42	42	42	34	29	30	38	25	38	30	37	36	36	35	34	32	37	39	36	27	30	37	22	38	37	26	41	34
Kedungsari	19	17	10	10	9	4	10	16	9	18	8	9	8	7	8	6	6	7	9	11	28	10	11	15	17	19	7	20	7
Lps Simpang Dukuh	12	10	9	9	8	4	12	17	11	16	7	8	7	3	3	1	2	2	6	7	22	9	9	12	16	17	8	19	6
Lps Candipuro	9	9	18	18	15	11	16	21	15	17	14	11	8	12	11	11	8	10	7	5	29	11	14	10	16	17	15	27	13
Taman Apisari	11	10	9	9	7	4	13	18	11	16	6	8	6	3	3	1	3	2	6	7	21	9	9	12	16	17	8	19	5
PS. Genteng	12	12	17	17	10	5	10	16	10	18	8	9	8	5	5	3	3	4	7	9	23	6	11	14	17	18	9	20	6
Taman Expressi	11	11	13	13	11	3	8	14	8	18	9	9	8	6	6	4	4	5	6	8	25	5	12	13	17	18	11	22	8
Lps kendalsari	27	34	34	34	34	36	45	46	33	22	30	30	28	31	30	32	34	32	26	23	27	37	22	24	16	19	32	28	29
Kebun Bibit Wonorejo	32	40	40	40	40	41	50	53	41	29	35	35	34	37	38	38	40	38	33	30	34	44	29	31	23	26	39	35	35
Lps Penetleh	17	17	16	16	12	4	9	15	8	19	10	12	11	7	8	7	6	7	10	11	27	8	14	17	20	21	12	24	10
Lps Demak	28	25	18	18	17	10	8	13	6	24	15	16	18	14	15	14	11	14	16	16	27	7	19	23	26	27	16	27	16
Lps Sulong Kali	15	15	17	17	17	7	7	12	6	20	14	12	12	11	13	10	9	10	9	12	29	1	15	21	21	20	15	27	13
Lps Endrosomo	27	27	30	30	26	22	14	13	18	37	27	25	21	22	22	20	20	46	23	24	39	15	30	17	34	30	30	38	32
Lps Joyoboyo	24	22	12	12	11	13	21	27	19	12	6	16	16	17	16	14	13	16	18	18	16	21	11	23	14	12	7	13	15
Lps Sepanjang Raya Prapen	15	19	23	23	23	23	31	38	28	7	14	16	20	24	24	26	22	25	22	20	14	28	13	15	5	8	19	11	22
Lps Sutorejo	12	17	24	24	24	19	24	31	22	19	21	17	17	18	19	20	16	20	16	13	38	19	20	16	17	19	24	34	22
Jl. Larangan	18	21	29	29	30	23	24	33	24	24	27	22	23	24	24	27	21	21	20	18	42	21	25	21	23	25	28	40	26
Lps Bukit Barisan	21	23	12	12	13	8	12	19	11	22	14	15	16	13	13	11	10	9	14	16	29	11	18	24	24	30	13	25	14
Lps Unesa	26	25	15	15	17	20	26	34	25	16	11	20	19	23	24	21	20	20	22	24	14	27	16	28	18	16	13	13	20
Lps Swatankerto	12	13	29	29	23	28	34																						

Lps Jemur Wonorejo	Lps Kayon	Sila	Lps Tambak Rejo	Ps. Kepuran	Sakuran Dnyo	Sakuran Darmak I	PS. Bunga Kijon	Sakuran Damawijig	Sakuran Wonorejo	Kedungari	Lps Smpang Duh	Lps Candipuro	Taman Apasari	PS. Genteng	Taman Ekspresi	Lps Kendalari	Kebun Bot Wonorejo	Lps Penelir	Lps Demak	Lps Sutung Kali	Lps Endrosoro	Lps Joyoyo	Lps Seorangan g Raya Pragen	Lps Sutorejo	JL. Larangan	Lps Bukit Barisan	Lps Uhesa	Lps Swastanito	LPS Legundi	LPS Kedungaryr	LPS Pasar Kembang	TPA	
20	12	21	22	11	12	17	12	8	26	16	19	15	17	22	20	23	17	21	24	24	36	24	17	11	18	24	28	29	18	27	15	58	
24	9	16	17	12	14	15	9	2	20	15	12	9	12	18	13	26	20	17	28	18	31	23	18	16	21	25	24	29	12	19	19	51	
23	9	11	19	6	9	14	10	18	38	8	14	16	8	12	13	36	30	17	14	16	32	14	21	25	31	9	19	25	15	9	17	38	
23	9	11	19	6	9	14	10	18	38	8	14	16	8	12	13	36	30	17	14	16	32	14	21	25	31	9	19	25	15	9	17	38	
16	5	13	17	3	4	6	7	14	27	8	13	13	7	17	13	34	28	11	17	10	29	16	19	20	28	11	20	17	12	7	6	42	
24	9	3	17	9	12	15	9	11	26	6	9	8	5	7	7	37	31	8	13	6	26	18	24	22	30	8	24	26	14	4	5	38	
32	15	9	14	15	17	22	15	24	28	17	14	14	15	14	11	42	35	7	10	5	14	26	29	26	24	16	29	32	18	15	15	38	
34	18	12	16	18	20	24	17	26	30	19	16	17	13	15	14	45	38	10	12	8	14	26	29	27	24	19	32	34	16	14	15	38	
33	17	11	17	17	20	23	16	24	27	18	15	17	12	15	13	43	38	9	8	7	18	29	31	30	28	17	32	33	19	16	18	37	
15	15	23	28	13	13	10	16	11	36	19	22	17	16	26	17	21	15	22	31	23	38	19	4	20	26	24	18	20	21	22	19	55	
12	12	16	22	10	4	2	15	15	29	11	15	16	11	22	14	26	20	17	23	17	34	10	11	27	34	15	12	14	16	15	12	44	
19	9	15	19	8	9	8	10	11	33	13	14	15	11	20	13	29	24	17	24	17	31	16	14	24	31	19	18	20	13	16	14	49	
21	6	12	17	5	6	11	8	6	30	10	11	10	8	17	10	27	22	14	21	14	30	19	16	17	25	16	21	32	10	13	11	46	
20	1	8	15	3	8	10	1	11	30	8	8	8	6	12	6	31	27	10	19	11	28	17	18	19	25	14	20	21	10	11	9	44	
22	7	4	13	7	9	12	5	11	30	10	2	8	3	7	3	36	28	6	16	6	23	19	20	18	24	12	21	22	8	11	10	45	
19	3	5	12	4	6	9	2	10	30	7	4	6	3	9	6	31	24	7	16	7	24	16	17	16	23	11	22	20	7	8	8	41	
22	6	5	12	7	9	12	4	9	31	11	3	7	6	8	2	30	23	7	17	7	24	19	20	16	23	13	22	23	7	13	11	43	
22	6	4	11	7	9	13	4	9	31	11	3	6	6	8	2	30	23	7	17	7	50	30	13	23	29	13	22	22	6	13	11	60	
22	4	8	15	6	8	13	9	9	33	11	7	7	6	12	7	30	23	7	20	11	29	21	18	18	22	14	22	23	8	16	14	49	
23	5	9	12	6	10	13	13	9	33	11	8	4	7	13	7	31	23	10	19	11	26	18	18	16	20	14	23	23	8	18	12	45	
7	25	27	37	23	20	16	27	29	35	24	29	32	34	32	28	35	36	35	30	35	45	11	17	37	43	22	11	10	13	24	29	48	
28	13	6	12	12	15	18	11	19	27	15	9	12	10	11	9	40	35	2	12	2	20	24	27	27	26	13	18	28	13	14	13	39	
15	8	14	19	7	7	5	9	11	30	11	15	14	11	19	12	26	19	15	23	16	30	13	12	25	30	18	16	17	11	16	13	49	
25	16	22	20	14	16	20	16	11	12	19	21	15	19	25	21	14	15	28	31	27	37	23	13	12	18	24	21	19	17	21	19	54	
14	15	22	26	13	14	14	15		40	18	22	17	19	30	18	21	13	23	30	24	39	18	6	20	25	23	20	20	21	27	19	53	
14	13	22	29	7	11	8	13	11	37	15	19	15	17	26	16	34	16	21	28	21	37	17	9	21	26	10	18	17	18	22	16	53	
14	12	13	25	11	9	5	14	18	25	9	15	14	9	18	12	29	23	16	18	15	34	8	16	25	33	19	9	9	18	10	5	40	
4	21	19	31	20	20	13	29	25	35	25	25	24	18	29	20	32	25	24	28	25	44	9	17	33	41	12	15	17	10	21	22	48	
15	12	12	20	7	3	4	13	15	26	7	14	13	8	17	12	29	21	14	20	15	31	12	15	24	30	24	15	6	10	12	9	41	
0	26	31	37	26	26	21	31	34	44	25	31	28	26	34	27	27	21	31	33	30	49	17	10	35	39	13	19	22	33	31	31	56	
18	0	9	15	3	8	8	1	9	31	6	7	8	5	12	6	31	25	10	18	10	28	15	19	19	26	9	22	25	11	13	8	42	
22	7	0	15	7	9	11	5	12	30	6	5	8	8	3	4	34	28	8	14	8	30	28	22	20	26	22	31	34	10	7	7	38	
31	14	14	0	17	20	21	12	14	38	17	11	8	15	20	10	35	29	11	21	12	17	26	25	16	14	13	18	20	9	22	20	49	
17	3	10	15	0	5	7	3	7	31	5	10	10	5	15	8	32	24	12	18	12	28	14	17	21	27	14	17	19	10	10	8	42	
16	10	15	18	5	0	4	7	10	32	11	17	15	11	20	12	29	21	16	22	16	32	13	14	24	31	15	13	16	14	20	12	46	
11	15	17	24	9	5	0	13	14	35	12	17	12	12	22	15	26	19	19	23	18	37	11	11	29	34	13	21	24	16	17	11	47	
19	1	7	13	3	8	13	0	10	34	8	6	7	6	11	5	32	27	10	19	10	27	18	20	19	25	18	27	27	10	13	11	43	
24	8	12	16	9	14	16	8	0	42	15	12	8	12	17	10	28	22	13	22	14	29	22	15	16	23	28	38	43	9	20	15	48	
43	36	33	48	33	35	36	37	41	0	27	32	39	32	37	31	56	51	28	26	29	49	29	12	20	25	9	22	23	45	45	30	33	
22	8	7	18	7	9	14	26	0	10	12	4	7	9	37	10	14	9	28	16	21	22	28	12	20	22	15	4	2	20	15	4	2	40
19	5	6	13	5	8	11	3	12	33	9	0	8	1	7	4	30	26	9	18	9	26	16	20	19	24	19	29	31	8	11	10	42	
26	9	12	9	13	14	18	10	10	37	15	10	0	11	12	9	31	25	11	21	12	26	24	22	18	18	12	20	22	7	21	18	49	
19	5	6	13	5	8	10	3	12	32	7	4	7	0	11	6	34	27	13	17	9	26	16	19	19	25	12	22	25	9	10	9	42	
21	7	3	15	7	10	13	6	15	32	9	1	8	4	0	2	34	28	8	21	8	23	18	22	20	28	1	23	26	11	11	12	41	
22	7	2	13	8	11	14	6	13	31	8	2	8	5	6	0	33	27	5	13	4	22	19	22	20	26	40	32	27	9	10	10	40	
21	29	36	35	30	28	25	31	30	53	29	29	26	37	44	30	0	2	38	45	37	51	27	12	20	27	37	29	26	32	40	35	67	
28	35	42	40	36	35	32	38	35	60	36	36	33	43	52	37	17	0	35	44	35	56	33	19	27	33	44	36	33	38	48	41	73	
23	9	4	17	9	12	15	9	26	32	9	6	11	9	6	6	37	32	0	51	41	24	21	25	23	29	12	25	27	13	13	11	42	
28	16	11	21	17	16	24	16	24	22	11	11	7	17	14	12	43	36	15	0	7	26	21	26	29	36	8	25	31	19	11	10	30	
26	13	8	10	14	18	20	12	19	30	13	7	10	11	10	7	41	33	11	13	0	21	24	28	26	27	16	28	31	13	13	15	37	
38	23	20	15	24	28	28	22	26	38	25	18	21	20	22	18	46	40	3	13	16	0	35	37	28	25	15	12	16	21	28	29	44	
13	17	18	26	16	11	7	21	22	33	25	15	19	14	20	16	27	21	22	22	21	38	0	13	31	36	26	15	12	22	17	14	43	
7	21	30	32	21	20	15	23	18	44	24	24	23	26	33	25																		

**Lampiran 4. Data Rute Kendaraan Truk *Compactor* Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya.**

<b>Data Rute Kendaraan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya</b>						
<b>No</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Surabaya Bagian</b>	<b>Ritase</b>	<b>Jumlah Kontainer</b>	<b>Jadwal Angkut</b>
1	L9384NP	Lps Srikana	Timur	2 rit	65	05.00 - 13.00
2	L9385NP	Jl. Pandegiling, Urip Sumoharjo, Embong Malang. Jl. Karet JMP Kemayoran Baru	Pusat	1 rit	10, 10, 2, 1, 2, 1	05.00 - 13.00
3	L9386NP	Lps Bratang	Timur	2 rit	75	05.00 - 13.00
4	L9388NP	Taman Bungkul, Taman Sulawesi, Taman Lansia, Kantor Pmi (Embong Ploso), Taman Prestasi, Balai Pemuda, Kantor Dprd, Jogging Track Pusura, St.Gubeng, Pdam.	Pusat, Timur	1 rit	6, 1, 2, 3, 4, 4, 3, 2, 2, 2.	05.00 - 13.00
5	L9389NP	Lps Srikana	Timur	2 rit	65	05.00 - 13.00
6	L9452NP	Lps Gayung Pring	Selatan	1 rit	20	05.00 - 13.00
7	L9448NP	LPS Semut Kali	Utara	2-3 rit	40	05.00 - 13.00
8	L9451NP	Lps Ngagel	Selatan	2 rit	25	05.00 - 13.00
9	L9453NP	Lps Boktong, Taman Flora, Kalisumo	Timur	1 rit	25, 10, 15.	05.00 - 13.00

**Lampiran 4. Data Rute Kendaraan Truk *Compactor* Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. (Lanjutan)**

<b>Data Rute Kendaraan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya</b>						
<b>No</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Surabaya Bagian</b>	<b>Ritase</b>	<b>Jumlah Kontainer</b>	<b>Jadwal Angkut</b>
11	L9454NP	Lps Jemur Wonosari	Selatan	2 rit	35	05.00 - 13.00
12	L9553NP	Lps Kayon, Siola	Pusat	1 rit	35, 6.	05.00 - 13.00
13	L9554NP	Lps Tambak Rejo	Pusat	2 rit	65	05.00 - 13.00
14	L9555NP	Ps. Keputran	Pusat	2 rit	25	05.00 - 13.00
15	L9556NP	Saluran Dinoyo, Saluran Darmokali, Ps. Bunga Kayon, Saluran Darmawangsa, Saluran Wonorejo, Kedungsari	Pusat	1 rit	15, 6, 15, 2, 2, 2.	05.00 - 13.00
16	L9557NP	Lps Pandegiling	Pusat	1-2 rit	25	05.00 - 13.00
17	L9560NP	Lps Tambak Rejo	Utara	2 rit	65	05.00 - 13.00
18	L9561NP	Lps Simpang Dukuh, Lps Candipuro, Taman Apsari, Ps Genteng, Taman Expresi,	Pusat	2 rit	25, 20, 4, 12, 2,	05.00 - 13.00
19	L9689NP	Lps Kendalsari, Kebun Bibit Wonorejo	Selatan	2 rit	25, 25	05.00 - 13.00
20	L9690NP	Lps. Peneleh, LPS demak	Pusat	2 rit	25, 40	05.00 - 13.00
21	L9691NP	Lps Pandegiling	Pusat	1-2 rit	25	05.00 - 13.00
22	L9692NP	LPS Sulung Kali, LPS Indosono	Utara	1 rit	35, 15.	05.00 - 13.00



**Lampiran 4. Data Rute Kendaraan Truk *Compactor* Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya. (Lanjutan)**

<b>Data Rute Kendaraan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya</b>						
<b>No.</b>	<b>NoPolisi</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Surabaya Bagian</b>	<b>Ritase</b>	<b>Jumlah Kontainer</b>	<b>Jadwal Angkut</b>
23	L9694NP	LPS Joyoboyo,	Selatan	2 rit	50	05.00 - 13.00
24	L9695NP	Lps Bratang	Timur	2 rit	25	05.00 - 13.00
25	L9697NP	Lps Demak	Pusat	2 rit	40	05.00 - 13.00
26	L9698NP	Lps Sepanjang Raya Prapen	Timur	2 rit	100	05.00 - 13.00
27	L9699NP	Lps Sutorejo, Jl. Larangan	Timur	2 rit	40, 4,	05.00 - 13.00
28	L9701NP	LPS Bukit Barisan	Pusat	2 rit	65	05.00 - 13.00
29	L9703NP	LPS Joyoboyo, LPs Unesa	Selatan	2 rit	50, 40.	05.00 - 13.00
30	L9704NP	LPS Bratang	Timur	2 rit	25	05.00 - 13.00
31	L9705NP	LPS Siwalan Kerto	Selatan	1-2 rit	50	05.00 - 13.00
32	L9706NP	LPS Bukit Barisan	Pusat	2 rit	65	05.00 - 13.00
33	L9715NP	LPS Legundi	Timur	2 rit	45	05.00 - 13.00
34	L9716NP	LPS Kedunganyar	Selatan	2 rit	50	05.00 - 13.00
35	L9717NP	LPS Pasar Kembang	Selatan	2 rit	25	05.00 - 13.00
36	L9627NP	Cadangan		Cadangan		
37	L9688NP	Cadangan		Cadangan		

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 5. Data *Demand* Di LPS, Jumlah Ritase Di LPS dan Waktu Pelayanan Di LPS.**

<b>No.</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Wilayah Surabaya</b>	<b>Demand</b>	<b>Ritase</b>	<b>Waktu Pelayanan (jam)</b>
1	Lps Srikana	Timur	65	1.63	1.08
2	Jl. Pandegiling	Pusat	10	0.25	0.17
3	LPS Pandegiling	Pusat	25	0.63	0.42
4	Urip Sumoharjo	Pusat	10	0.25	0.17
5	Embong Malang	Pusat	2	0.05	0.03
6	Jl. Karet	Pusat	1	0.03	0.02
7	JMP	Pusat	2	0.05	0.03
8	Kemayoran Baru	Pusat	1	0.03	0.02
9	Lps Bratang	Timur	75	1.88	1.25
10	Taman Bungkul	Pusat	6	0.15	0.10
11	Taman Sulawesi	Pusat	1	0.03	0.02
12	Taman Lansia	Pusat	2	0.05	0.03
13	Kantor PMI (Embong Ploso)	Pusat	3	0.08	0.05
14	Taman Prestasi	Pusat	4	0.10	0.07
15	Balai Pemuda	Pusat	4	0.10	0.07
16	Kantor DPRD	Pusat	3	0.08	0.05
17	Jogging Track Pusura	Pusat	2	0.05	0.03
18	ST. Gubeng	Timur	2	0.05	0.03
19	PDAM	Timur	2	0.05	0.03
20	Lps Gayung Pring	Selatan	20	0.50	0.33
21	LPS Semut Kali	Utara	40	1.00	0.67
22	Lps Ngagel	Selatan	25	0.63	0.42
23	Lps Boktong	Timur	25	0.63	0.42
24	Taman Flora	Timur	10	0.25	0.17
25	Kalisumo	Timur	15	0.38	0.25

**Lampiran 5. Data Demand Di LPS, Jumlah Ritase Di LPS dan Waktu Pelayanan Di LPS.(Lanjutan)**

<b>No.</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Wilayah Surabaya</b>	<b>Demand</b>	<b>Ritase</b>	<b>Waktu Pelayanan (jam)</b>
26	Lps Ketampon	Selatan	23	0.58	0.38
27	RS. Bhayangkara	Selatan	10	0.25	0.17
28	Monumen Polisi Istimewa	Selatan	3	0.08	0.05
29	Lps Jemur Wonosari	Selatan	35	0.88	0.58
30	Lps Kayon	Pusat	35	0.88	0.58
31	Siola	Pusat	6	0.15	0.10
32	Lps Tambak Rejo	Utara	65	1.63	1.08
33	Ps. Keputran	Pusat	25	0.63	0.42
34	Saluran Dinoyo	Pusat	15	0.38	0.25
35	Saluran Darmokali	Pusat	6	0.15	0.10
36	PS. Bunga Kayon	Pusat	15	0.38	0.25
37	Saluran Darmawangsa	Pusat	2	0.05	0.03
38	Saluran Wonorejo	Pusat	2	0.05	0.03
39	Kedungsari	Pusat	2	0.05	0.03
40	Lps Simpang Dukuh	Pusat	25	0.63	0.42
41	Lps Candipuro	Pusat	20	0.50	0.33
42	Taman Apsari	Pusat	4	0.10	0.07
43	PS. Genteng	Pusat	12	0.30	0.20
44	Taman Expresi	Pusat	2	0.05	0.03
45	Lps kendalsari	Selatan	25	0.63	0.42
46	Kebun Bibit Wonorejo	Selatan	25	0.63	0.42
47	Lps Peneleh	Pusat	25	0.63	0.42
48	Lps Demak	Pusat	40	1.00	0.67
49	Lps Sulung Kali	Utara	36	0.90	0.60
50	Lps Endroso	Utara	15	0.38	0.25
51	Lps Joyoboyo	Selatan	50	1.25	0.83
52	Lps Sepanjang Raya Prapen	Timur	100	2.50	1.67

**Lampiran 5. Data *Demand* Di LPS, Jumlah Ritase Di LPS dan Waktu Pelayanan Di LPS.(Lanjutan)**

<b>No.</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Wilayah Surabaya</b>	<b>Demand</b>	<b>Ritase</b>	<b>Waktu Pelayanan (jam)</b>
53	Lps Sutorejo	Timur	40	1.00	0.67
54	JL. Larangan	Timur	4	0.10	0.07
55	Lps Bukit Barisan	Pusat	65	1.63	1.08
56	Lps Unesa	Selatan	40	1.00	0.67
57	Lps Siwalankerto	Selatan	50	1.25	0.83
58	LPS Legundi	Timur	45	1.13	0.75
59	LPS Kedunganyar	Selatan	50	1.25	0.83
60	LPS Pasar Kembang	Selatan	25	0.63	0.42

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 6. Rute Tujuan *Existing* Kendaraan Truk Compactor**

<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 1	40	Depot – LPS Srikana (40) – LPA (40) – Depot	3.07
Rute 2	25	Depot – LPS Srikana (25) – LPA (25) – Depot	2.63
Rute 3	40	Depot – LPS Bratang (40) – LPA (40) – Depot	3.17
Rute 4	35	Depot – LPS Bratang (35) – LPA (35) – Depot	3.02
Rute 5	0	Depot – LPS Bratang (0) – LPA (0) – Depot	2.00
Rute 6	50	Depot – LPS Boktong (25) – Taman Flora (10) – LPA (35) – Kalisumo (15) – LPA (15) – Depot	5.21
Rute 7	100	Depot – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – LPS Sepanjang Raya Prapen (20) – LPA (20) – Depot	8.93
Rute 8	45	Depot – LPS Legundi (40) – LPA (40) – LPS Legundi (5) – LPA (5) – Depot	5.26
Rute 9	44	Depot – LPS Sutorejo (40) – LPA (40) – Jl. Larangan (4) – LPA (4) – Depot	5.43
Rute 10	20	Depot – LPS Gayung Pring (20) – LPA (20) – Depot	2.72
Rute 11	25	Depot – LPS Ngagel (25) – LPA (25) – Depot	2.65
Rute 12	36	Depot – LPS Ketampon (23) – RS. Bhayangkara (10) – Monumen Polisi Istimewa (3) – LPA (36) – Depot	3.52
Rute 13	35	Depot – LPS Jemur Wonosari (35) – LPA (35) – Depot	3.19

**Lampiran 6. Rute Tujuan *Existing* Kendaraan Truk Compactor. (Lanjutan)**

<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 14	50	Depot – LPS Kendalsari (25) – Kebun Bibit Wonorejo (15) – LPA (40) – Kebun Bibit wonorejo (10) – LPA (10) – Depot	6.33
Rute 15	40	Depot – LPS Joyoboyo (40) – LPA (40) – Depot	3.18
Rute 16	50	Depot – LPS Joyoboyo (10) – LPS Unesa (30) – LPA (40) – LPS Unesa (10) – LPA (10) – Depot	5.39
Rute 17	50	Depot – LPS Siwalankerto (40) – LPA (40) – LPS Siwalankerto (10) – LPA (10) – Depot	5.56
Rute 18	50	Depot – LPS Kedunganyar (40) – LPA (40) – LPS Kedunganyar (10) – LPA (10) – Depot	4.91
Rute 19	25	Depot – LPS Pasar Kembang (25) – LPA (25) – Depot	2.51
Rute 20	40	Depot – LPS Semut Kali (40) – LPA (40) – Depot	3.12
Rute 21	40	Depot – LPS Tambak Rejo (40) – LPA (40) – Depot	3.25
Rute 22	25	Depot – LPS Tambak Rejo (25) – LPA (25) – Depot	2.81
Rute 23	51	Depot – LPS Sulung Kali (36) – LPA (36) – LPS Endrosono (15) – LPA (15) – Depot	4.97
Rute 24	26	Depot – Jl. Pandegiling (10) – Urip Sumoharjo (10) – Embong Malang (2) – Jl. Karet (1) – JMP (2) – Kemayoran Baru (1) – LPA (26) – Depot	3.24



**Lampiran 6. Rute Tujuan *Existing* Kendaraan Truk Compactor. (Lanjutan)**

<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 25	29	Depot – Taman Bungkul (6) – Taman Sulawesi (1) – Taman Lansia (2) – Kantor PMI (embong Ploso) (3) – Taman Prestasi (4) – Balai Pemuda (4) – Kantor DPRD (3) – Jogging Track Pusura (2) – PDAM (2) – ST. Gubeng (2) – LPA (29) – Depot	3.71
Rute 26	25	Depot – Ps. Keputran (25) – LPA (25) – Depot	2.51
Rute 27	42	Depot – Saluran Dinoyo (15) – Saluran Darmokali (6) – Ps. Bunga Kayon (15) – Saluran Dharmawangsa (2) – Saluran Wonorejo (2) – LPA (40) – Kedungsari (2) – LPA (2) – Depot	5.41
Rute 28	25	Depot – LPS Pandegiling (25) – LPA (25) – Depot	2.50
Rute 29	63	Depot – LPS Simpang Dukuh (25) – LPA (25) – LPS Candipuro (20) – Taman Apsari (4) – Ps. Genteng (12) – Taman Expresi (2) – LPA (38)– Depot	5.62
Rute 30	40	Depot – LPS Peneleh (25) – LPS Demak (15) – LPA – Depot	3.77
Rute 31	0	Depot – LPS Pandegiling (0) – LPA (0) – Depot	1.77
Rute 32	25	Depot – LPS Demak (25) – LPA (25) – Depot	2.53
Rute 33	40	Depot – LPS Bukit Barisan (40) – LPA (40) – Depot	3.07
Rute 34	25	Depot – LPS Bukit Barisan (25) – LPA (25) – Depot	2.63
Rute 35	41	Depot – LPS Kayon (35) – LPA (35) – Siola (6) – LPA (6) - Depot	4.41

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

### Lampiran 7. Rute Tujuan Baru Kendaraan Truk Compactor

Rute ke-	Demand	Rute	Cycle Time
Rute 1	40	Depot – LPS Srikana (40) – LPA (40) – Depot	3.07
Rute 2	75	Depot – LPS Bratang (40) – LPA (40) – LPS Bratang (35) – LPA (35) – Depot	5.97
Rute 3	40	Depot – LPS Boktong (25) – LPS Kalisumo (15) – LPA (15) – Depot	3.20
Rute 4	80	Depot – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – LPS Sepanjang Raya Prapen (40) – LPA (40) – Depot	6.40
Rute 5	40	Depot – LPS Sutorejo (40) – LPA (40) – Depot	3.28
Rute 6	40	Depot – LPS Legundi (40) – LPA (40) – Depot	3.23
Rute 7	34	Depot – LPS Srikana (25) – LPS Legundi (5) – Jl. Larangan (4) – LPA (34) – Depot	3.69
Rute 8	30	Depot – Taman Flora (10) – LPS Sepanjang Raya Prapen (20) – LPA (30) – Depot	2.96
Rute 9	36	Depot – LPS Ketampon (23) – Monumen Polisi Istimewa (3) – RS. Bhayangkara (10) – LPA (10) – Depot	3.45
Rute 10	35	Depot – LPS Jemur Wonosari (35) – LPA (35) – Depot	3.19
Rute 11	40	Depot – Kebun Bibit Wonorejo (25) – LPS Kendalsari (15) – LPA (40) – Depot	3.75
Rute 12	40	Depot – LPS Joyoboyo (40) – LPA (40) – Depot	3.18
Rute 13	40	Depot – LPS Unesa (40) – LPA (40) – Depot	3.30
Rute 14	40	Depot – LPS Siwalankerto (40) – LPA (40) – Depot	3.43
Rute 15	40	Depot – LPS Kedunganyar (40) – LPA (40) – Depot	3.20

**Lampiran 7. Rute Tujuan Baru Kendaraan Truk Compactor (Lanjutan)**

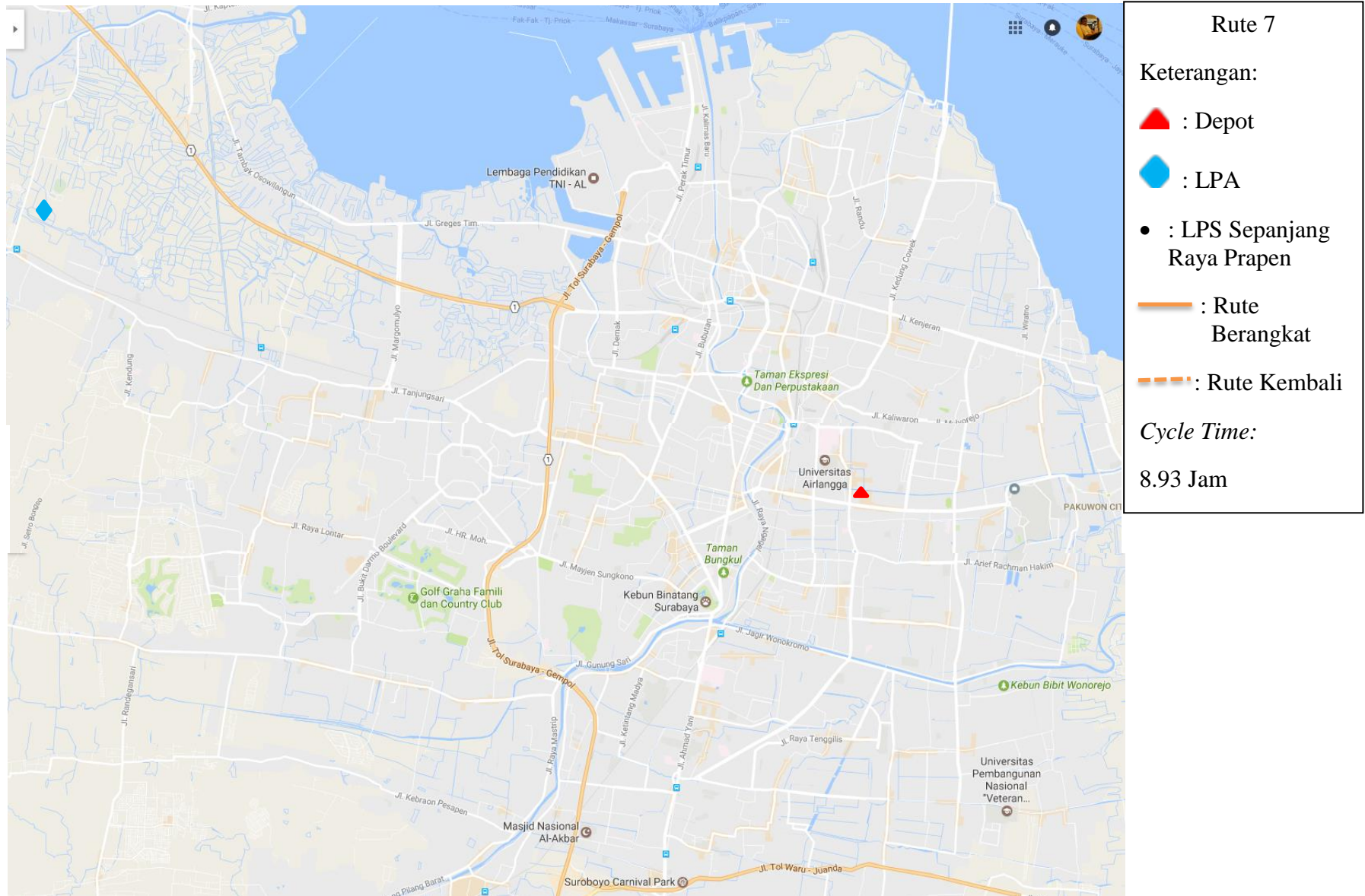
<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b>Cycle Time</b>
Rute 16	35	Depot – LPS Pasar Kembang (25) – LPS Kedunganyar (10) – LPA (35) – Depot	2.97
Rute 17	40	Depot – LPS Siwalankerto (10) – LPS Gayung Pring (20) – LPS Joyoboyo (10) – LPA (40) – Depot	3.68
Rute 18	35	Depot – LPS Kendalsari (10) – LPS Ngagel (25) – LPA (35) – Depot	3.79
Rute 19	40	Depot – LPS Semut Kali (40) – LPA (40) – Depot	3.12
Rute 20	40	Depot – Tambak Rejo (40) – LPA (40) – Depot	3.25
Rute 21	36	Depot – LPS Sulung Kali (36) – LPA (36) – Depot	2.97
Rute 22	40	Depot – LPS Tambak Rejo (25) – LPS Endroso (15) – LPA (40) – Depot	3.45
Rute 23	40	Depot – LPS Kayon (35) – Siola (5) – LPA (40) – Depot	3.05
Rute 24	25	Depot – PS. Keputran (25) – LPA (25) – Depot	2.51
Rute 25	27	Depot – LPS Pandegiling (25) – Saluran Wonorejo (2) – LPA (27) – Depot	3.10
Rute 26	63	Depot – LPS Candipuro (20) – Taman Expresi (2) – Taman Apsari (4) – PS. Genteng (12) – LPA (38) – LPS Simpang Dukuh (25) – LPA (25) – Depot	5.49
Rute 27	66	Depot – LPS Demak (40) – LPA (40) – LPS Peneleh (25) – Siola (1) – LPA (26) – Depot	5.14
Rute 28	65	Depot – LPS Bukit Barisan (40) – LPA (40) – LPS Bukit Barisan (25) – LPA (25) – Depot	5.11

**Lampiran 7. Rute Tujuan Baru Kendaraan Truk Compactor (Lanjutan)**

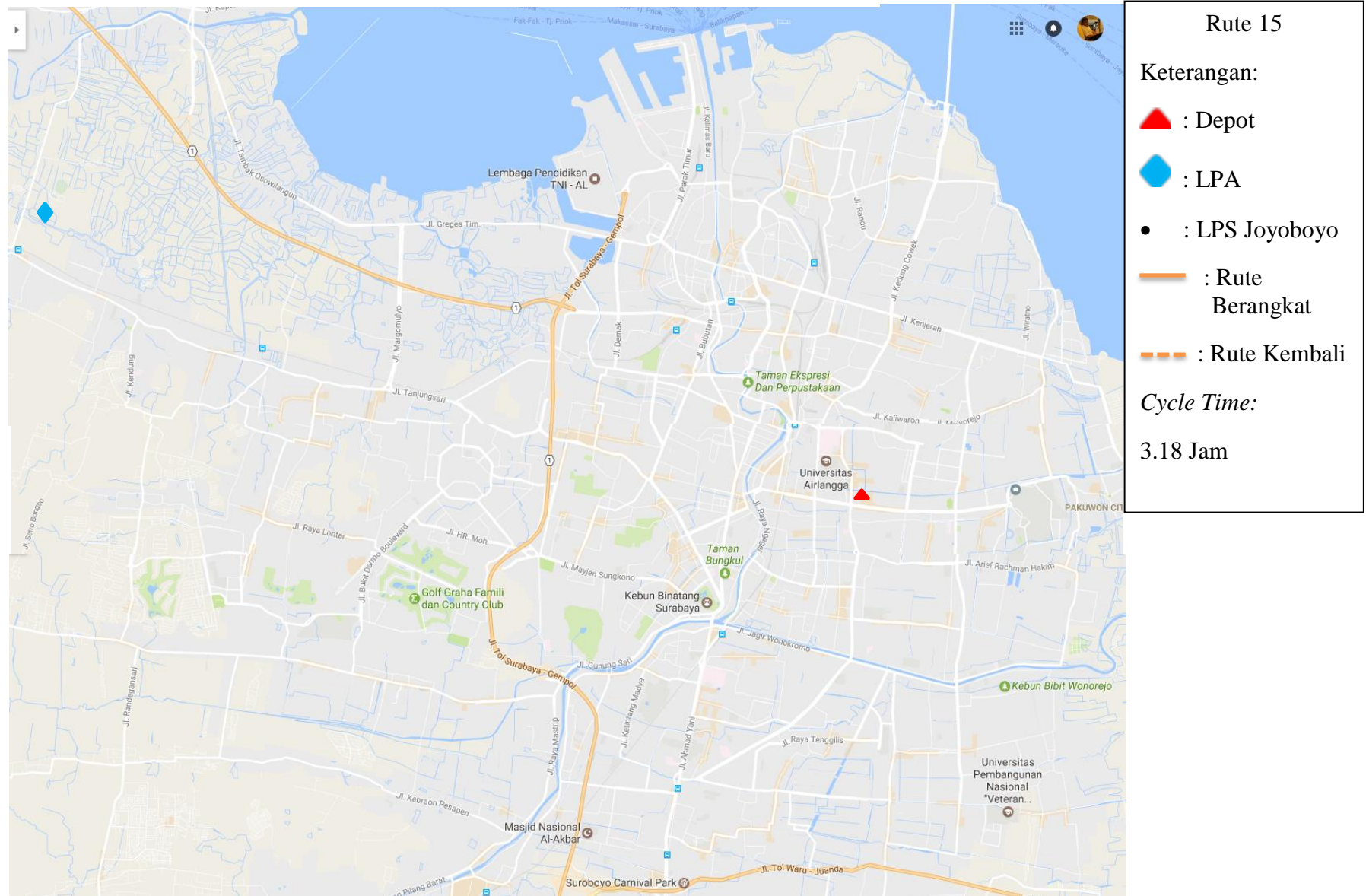
<b>Rute ke-</b>	<b>Demand</b>	<b>Rute</b>	<b><i>Cycle Time</i></b>
Rute 29	26	Depot – Urip Sumoharjo (10) – Jl. Pandegiling (10) – Embong Malang (2) – Jl. Karet (1) – JMP (2) – Kemayoran Baru (1) – LPA (26) – Depot	3.09
Rute 30	29	Depot – PDAM (2) – ST. Gubeng (2) – Taman Sulawesi (1) – Taman Lansia (2) – Kantor PMI (Embong Ploso) (3) – Taman Bungkul (6) – Balai Pemuda (4) – Kantor DPRD (3) – Taman Prestasi (4) – Jogging Track Pusura (2) – LPA (29) – Depot	3.81
Rute 31	40	Depot – Saluran Dharmawangsa (2) – Saluran Wonorejo (15) – Saluran Dinoyo (15) – Saluran Darmokali (6) – Kedungsari (2) – LPA (40) – Depot	3.40

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan *Existing* Kendaraan

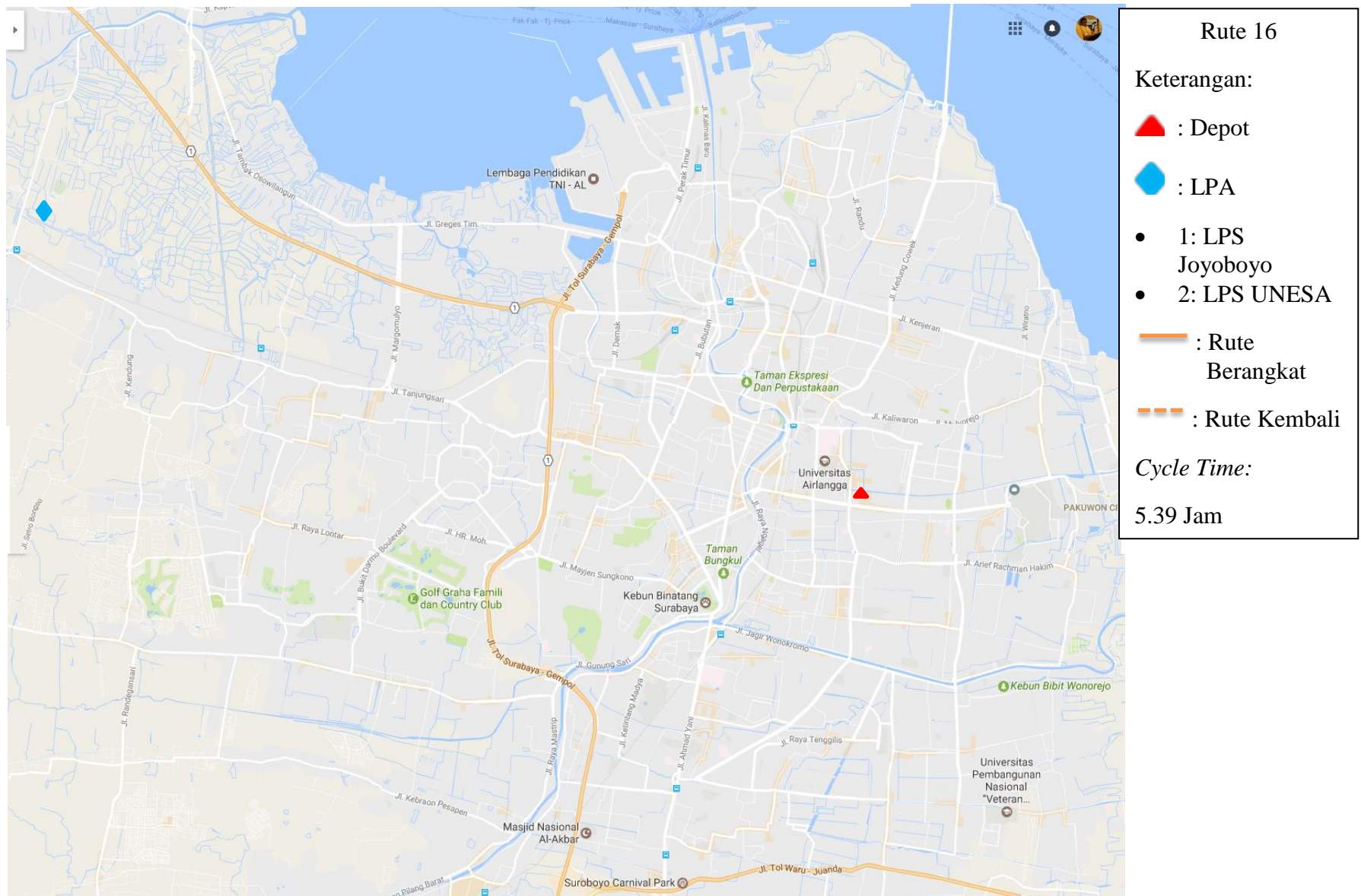


## Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan *Existing* Kendaraan Truk (Lanjutan)

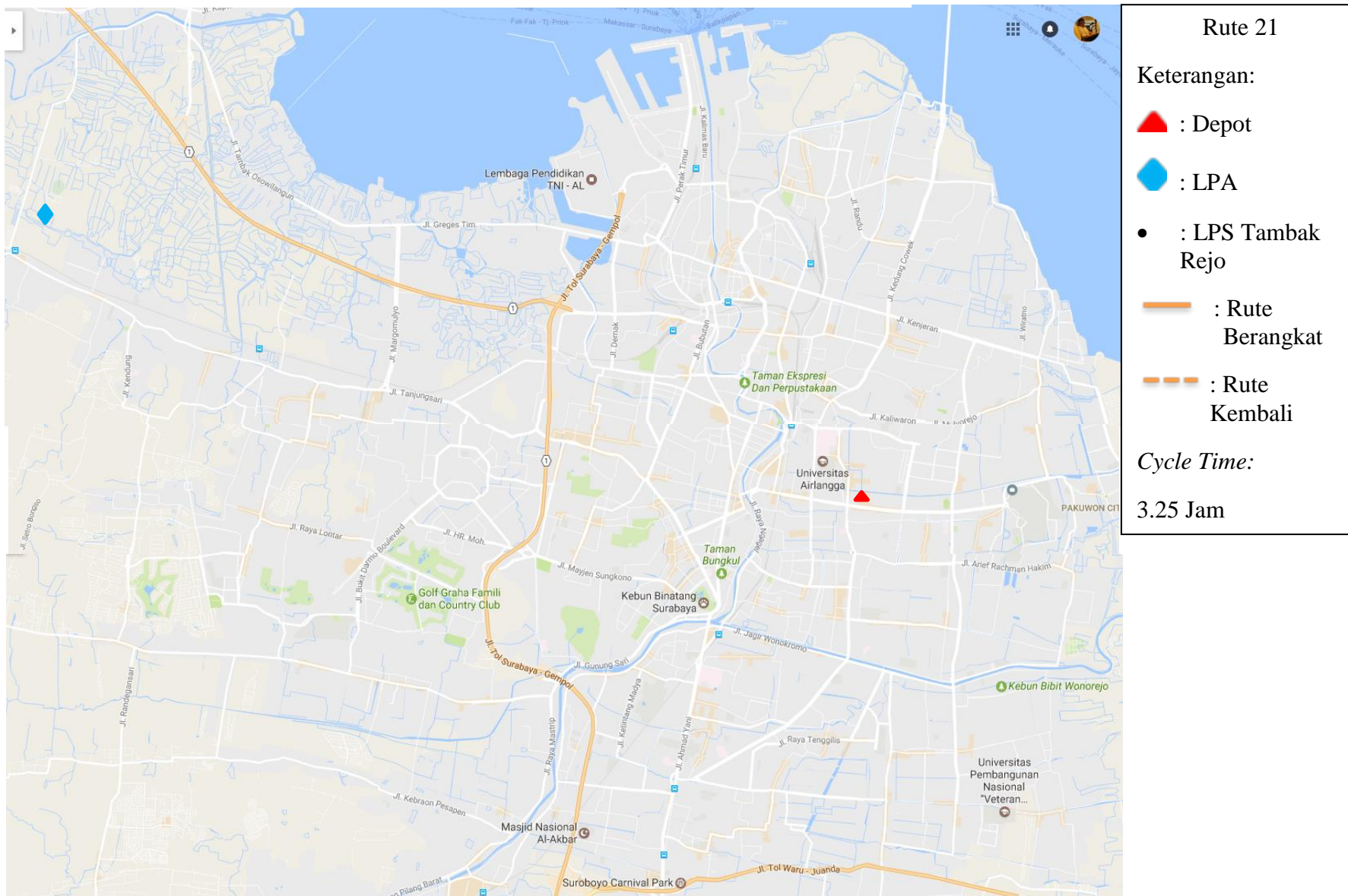




## Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan Existing Kendaraan Truk (Lanjutan)

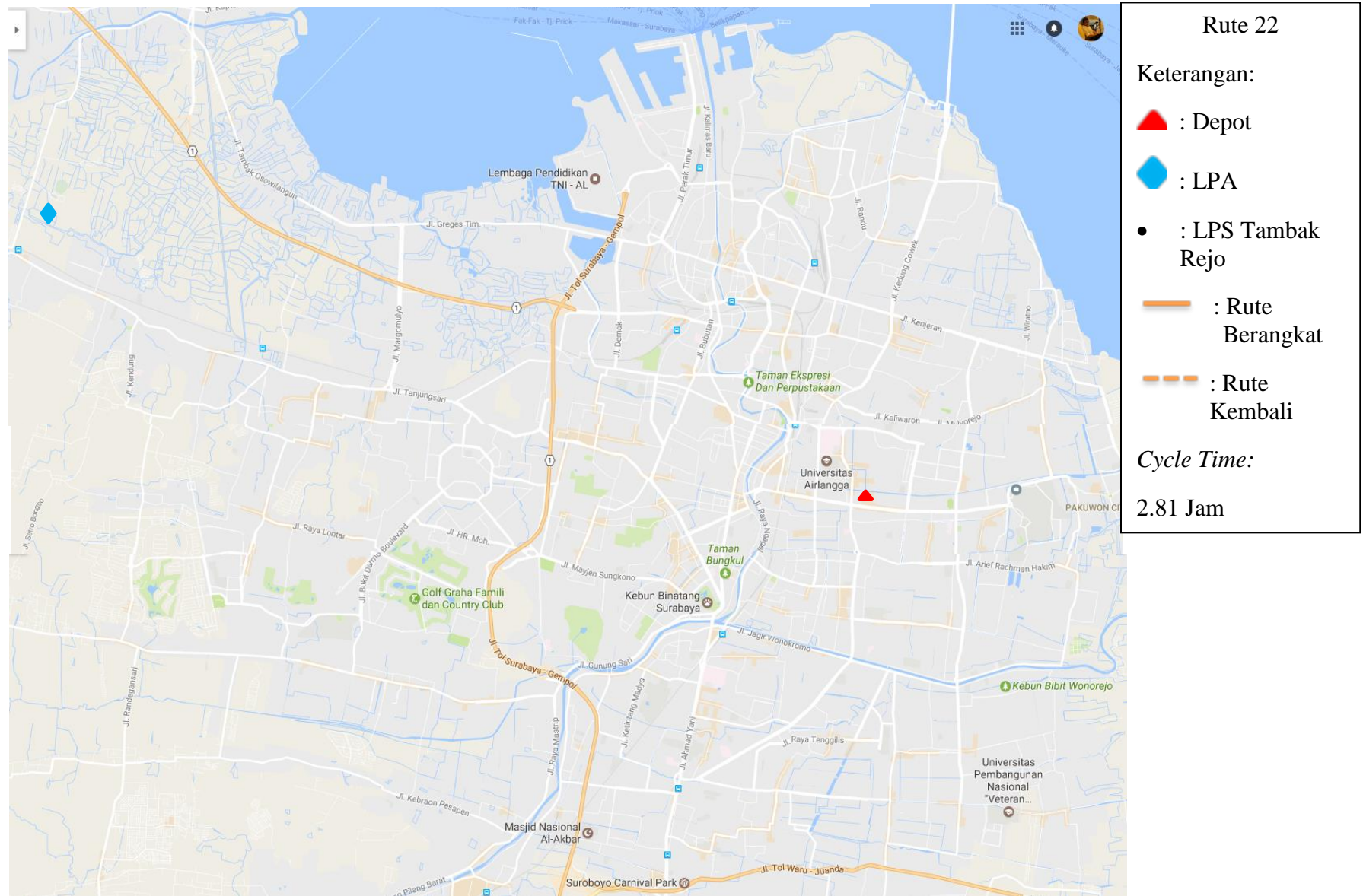


## Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan Existing Kendaraan Truk (Lanjutan)

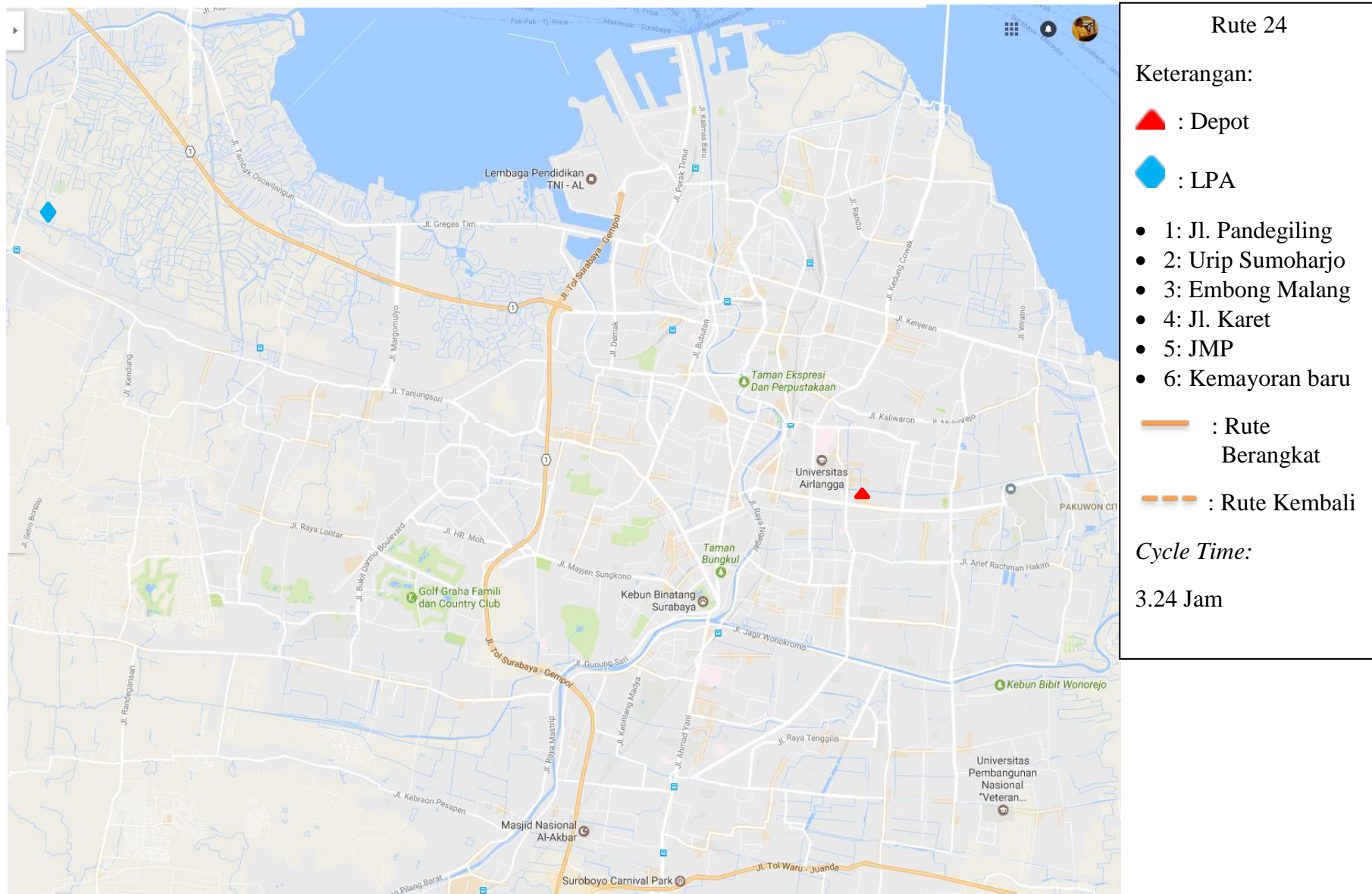




## Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan *Existing* Kendaraan Truk (Lanjutan)

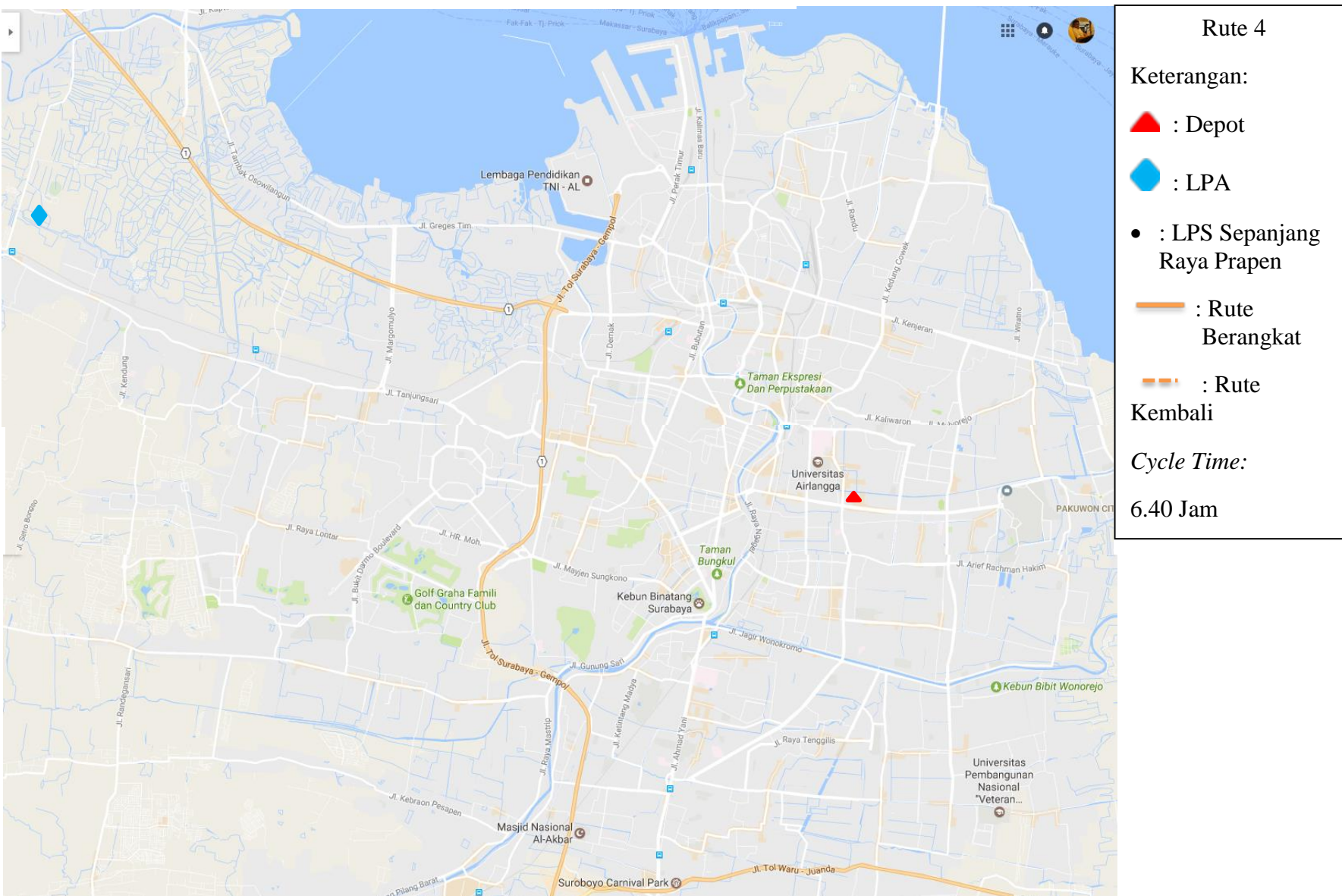


### Lampiran 8. Contoh Gambar Rute Tujuan *Existing* Kendaraan Truk (Lanjutan)

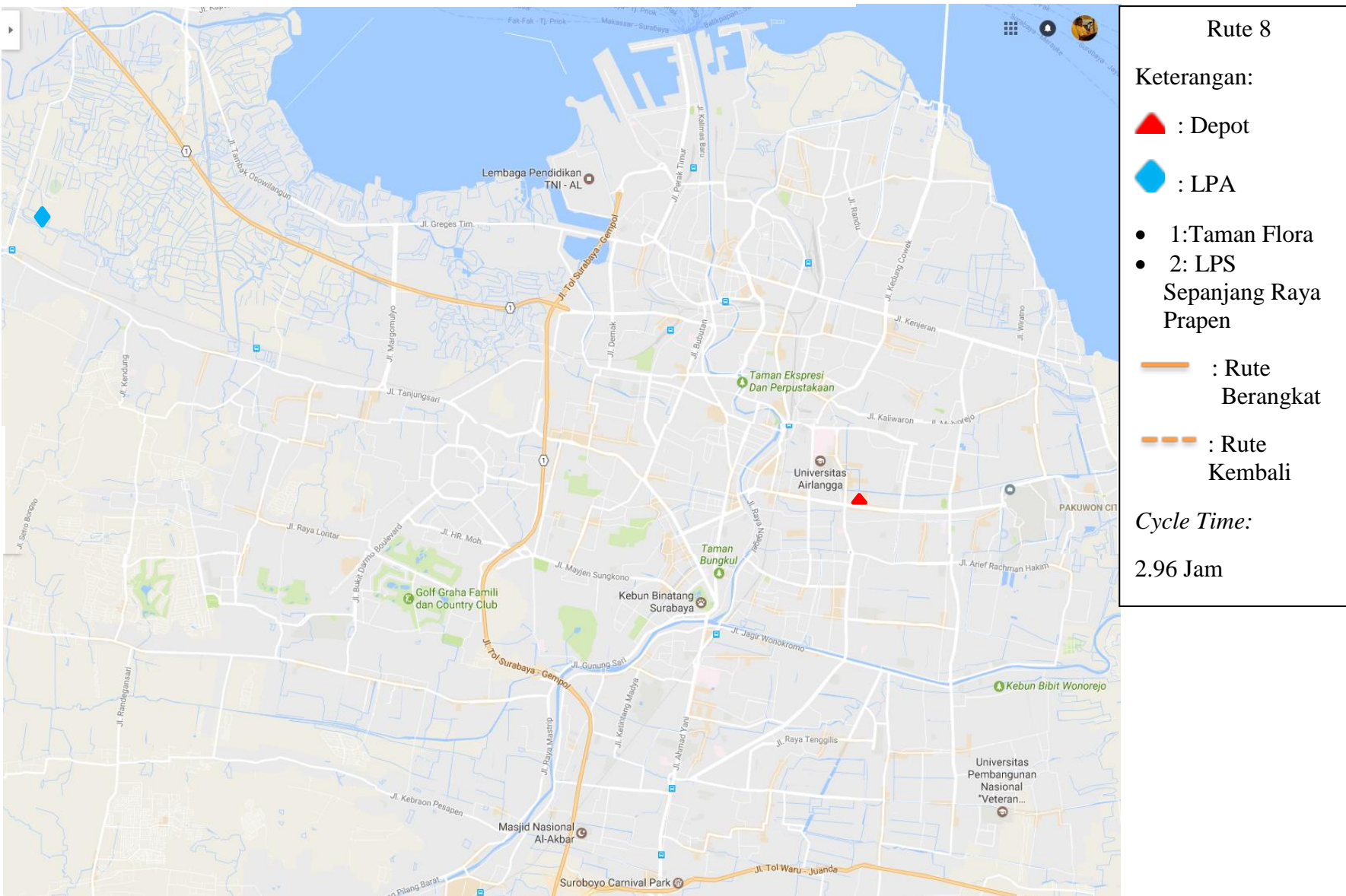




## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk

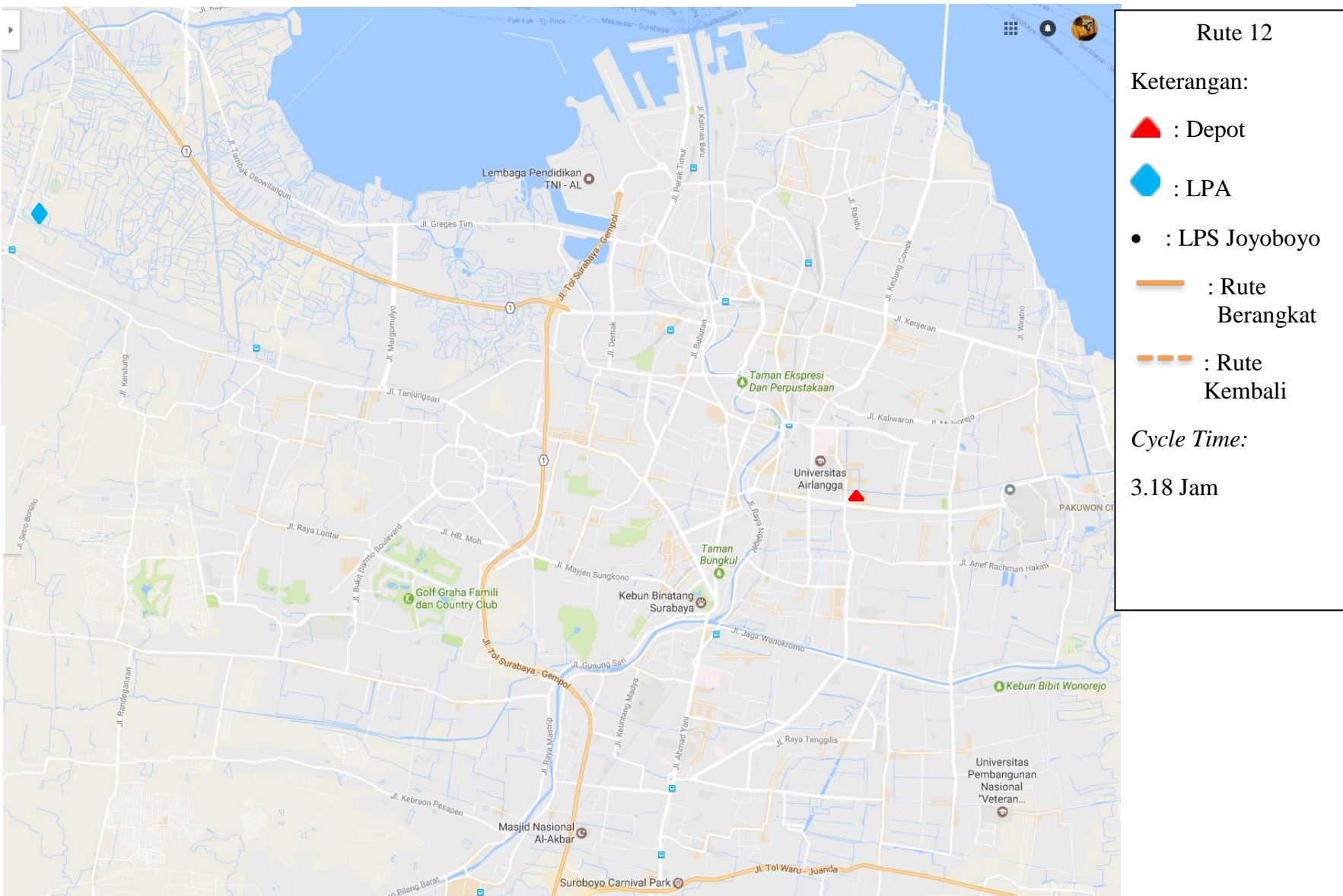


## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk (Lanjutan)

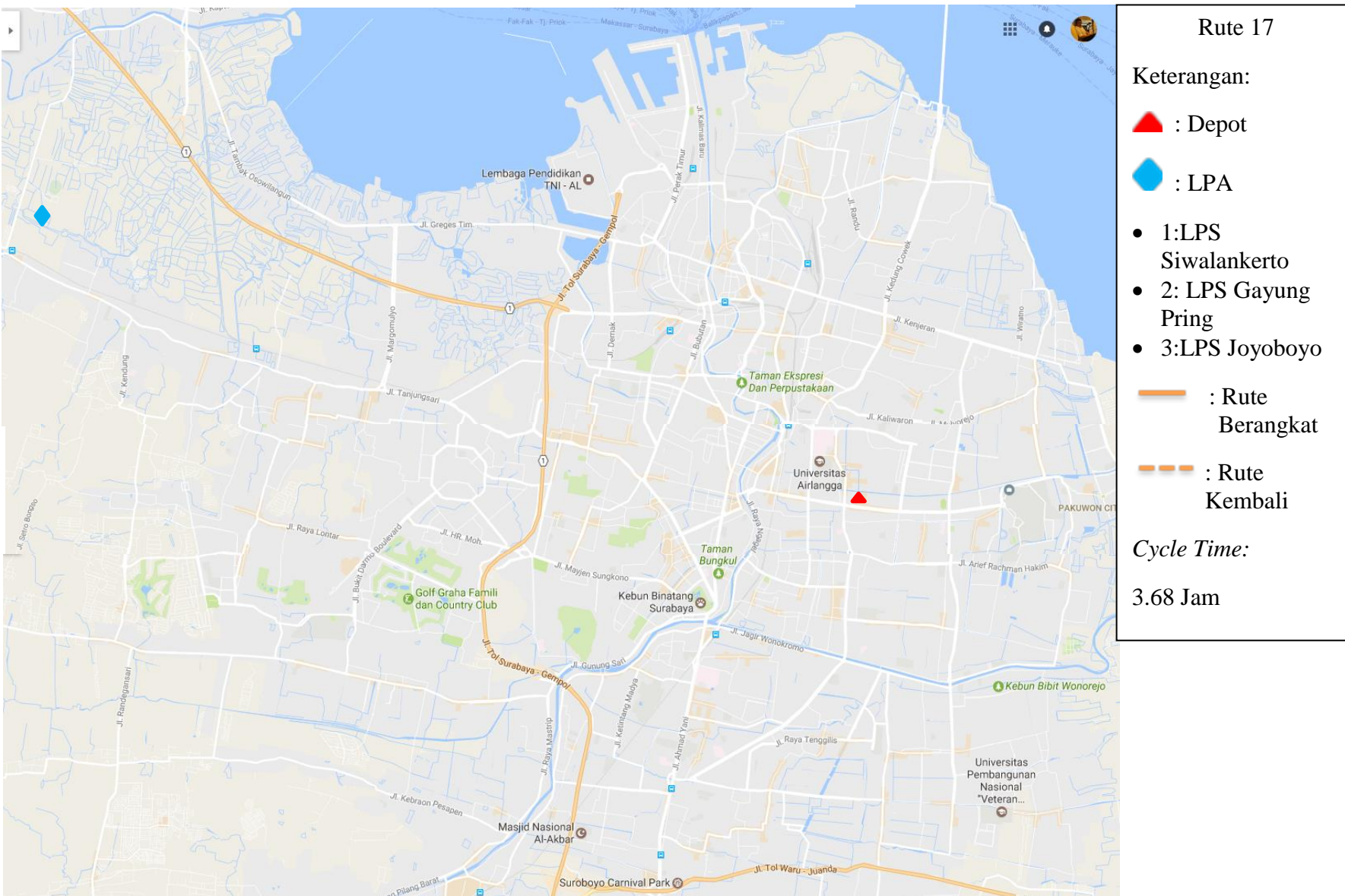




## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk (Lanjutan)

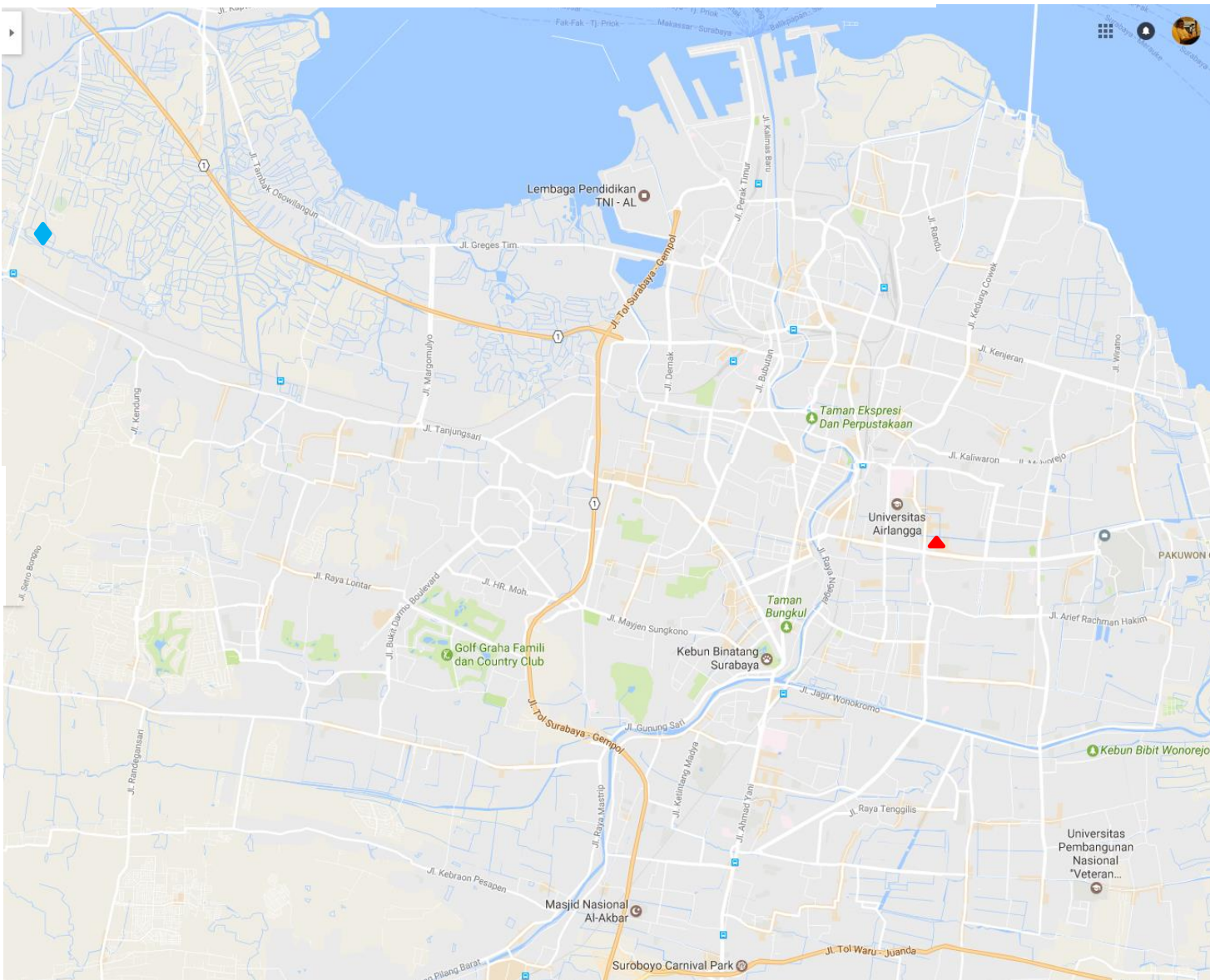


## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk (Lanjutan)





## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk (Lanjutan)



### Rute 20

Keterangan:

▲ : Depot

◆ : LPA

● : LPS Tambak Rejo

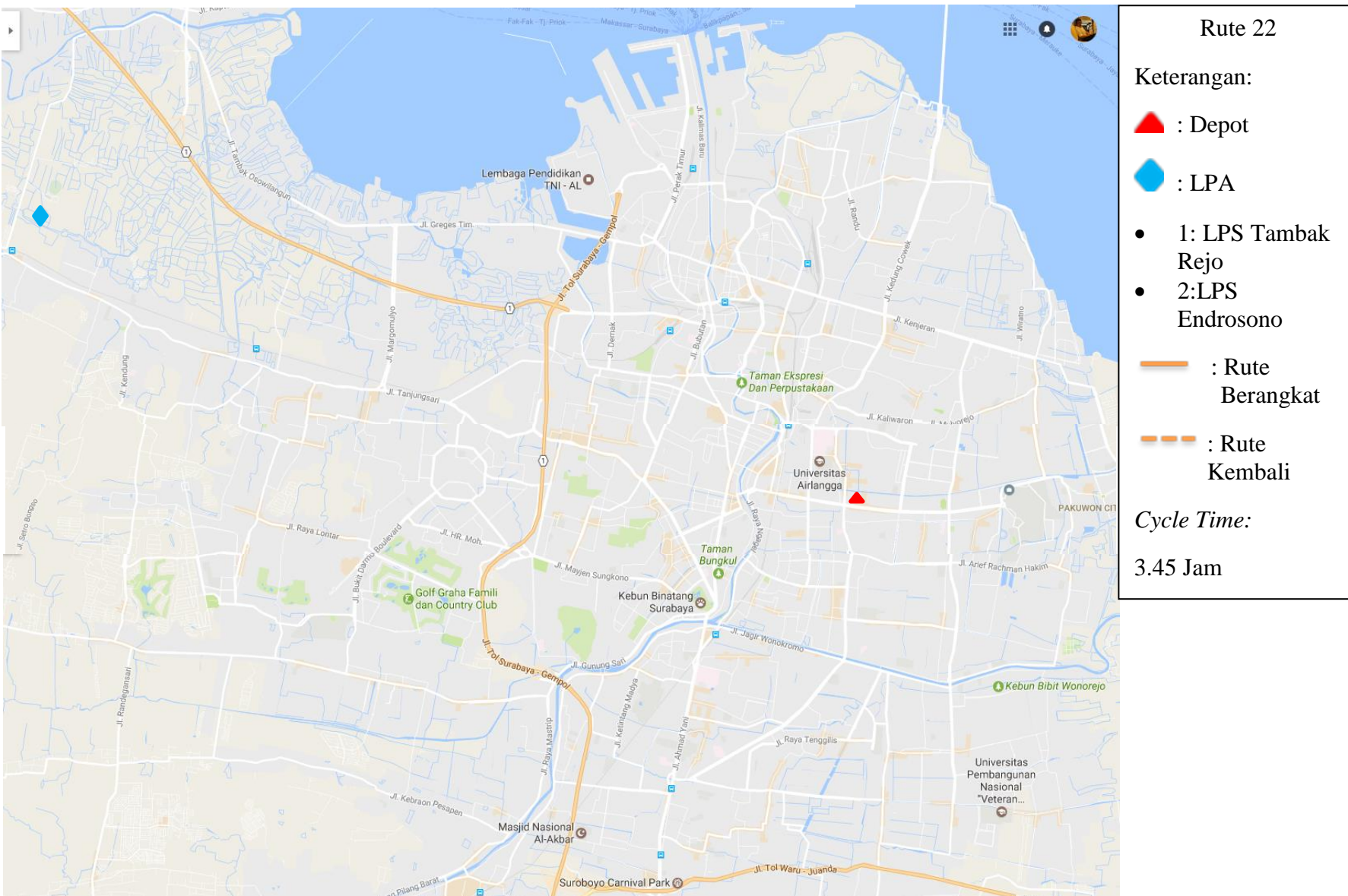
— : Rute Berangkat

- - - : Rute Kembali

Cycle Time:

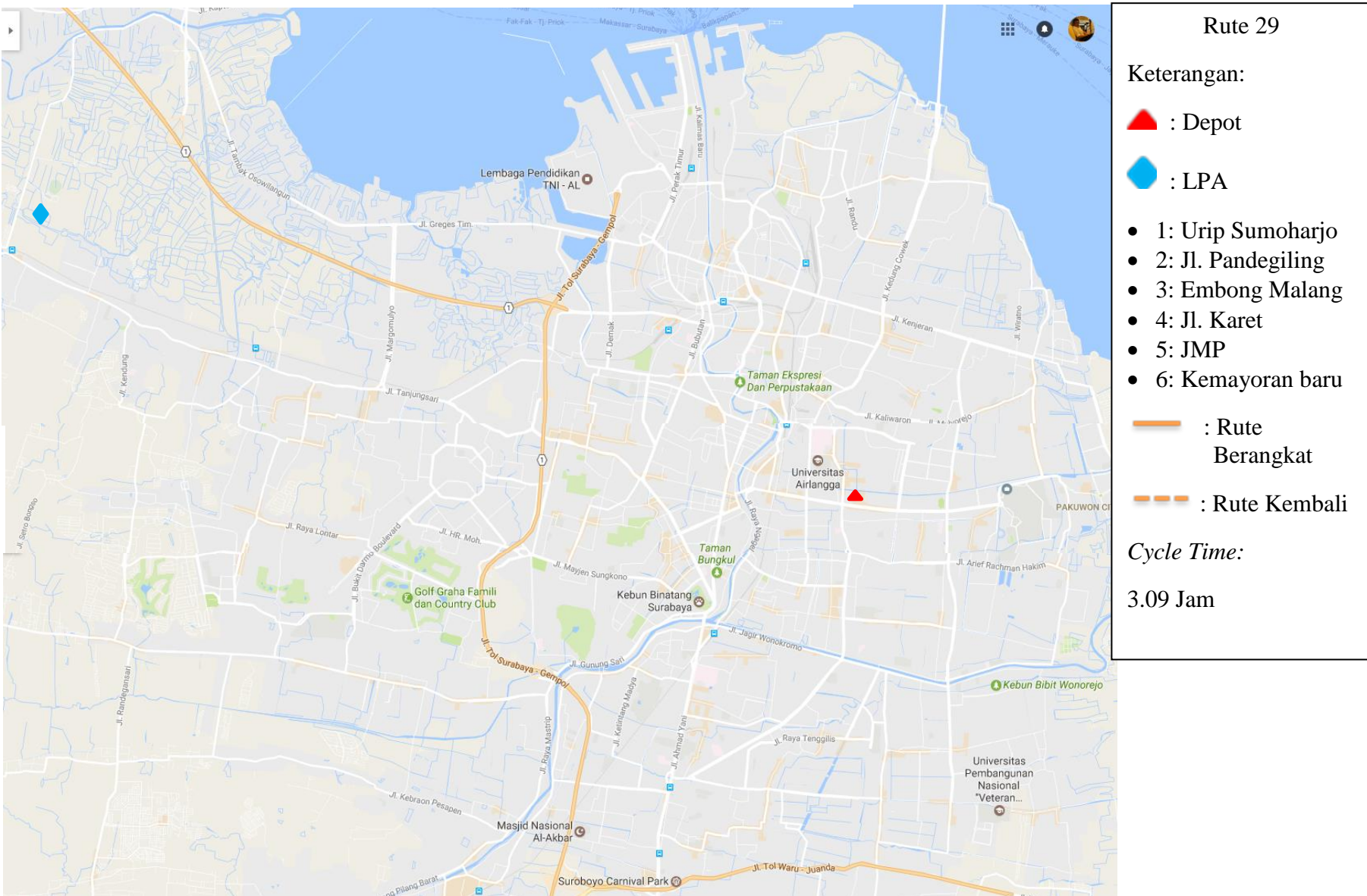
2.81 Jam

## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk (Lanjutan)





## Lampiran 9. Contoh Gambar Rute Baru Tujuan Kendaraan Truk (Lanjutan)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 10. Data Time Slot dan Cycle Time Untuk Semua Rute Existing**

Produk		Total Demand per Hari	Time Slot Per Hari											Cycle Time (Travelling Time + Service Time)	Rate	CT (JAM)
No.	Grup		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	Rute 1	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	184	1.0	3.066667
2	Rute 2	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	157.75	0.6	2.629167
3	Rute 3	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	190	1.0	3.166667
4	Rute 4	35	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	181.25	0.9	3.020833
5	Rute 5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	120	0.0	2
6	Rute 6	50	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	312.5	1.3	5.208333
7	Rute 7	100	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	536	2.5	8.933333
8	Rute 8	45	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	315.75	1.1	5.2625
9	Rute 9	44	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	326	1.1	5.433333
10	Rute 10	20	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	163	0.5	2.716667
11	Rute 11	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	158.75	0.6	2.645833
12	Rute 12	36	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	211	0.9	3.516667
13	Rute 13	35	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	191.25	0.9	3.1875
14	Rute 14	50	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	379.5	1.3	6.325
15	Rute 15	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	191	1.0	3.183333
16	Rute 16	50	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	323.5	1.3	5.391667
17	Rute 17	50	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	333.5	1.3	5.558333
18	Rute 18	50	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	294.5	1.3	4.908333
19	Rute 19	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	150.75	0.6	2.5125
20	Rute 20	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	187	1.0	3.116667
21	Rute 21	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	195	1.0	3.25
22	Rute 22	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	168.75	0.6	2.8125
23	Rute 23	51	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	298.25	1.3	4.970833
24	Rute 24	26	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	194.5	0.7	3.241667
25	Rute 25	29	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	222.75	0.7	3.7125
26	Rute 26	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	150.75	0.6	2.5125
27	Rute 27	42	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	324.5	1.1	5.408333
28	Rute 28	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	149.75	0.6	2.495833
29	Rute 29	63	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	337.25	1.6	5.620833
30	Rute 30	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	226	1.0	3.766667
31	Rute 31	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	106	0.0	1.766667
32	Rute 32	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	151.75	0.6	2.529167
33	Rute 33	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	184	1.0	3.066667
34	Rute 34	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	157.75	0.6	2.629167
35	Rute 35	41	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	264.75	1.0	4.4125

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 11. Data *Time Slot* dan *Cycle Time* Untuk Semua Rute Tujuan Baru**

Produk		Total Demand per Hari	Time Slot dalam satu hari											Cycle Time (Travelling Time + Service Time)	Rate	CT (JAM)
No.	Grup		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	Rute 1	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	184	1	3.07
2	Rute 2	75	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	358	2	5.97
3	Rute 3	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	192	1	3.20
4	Rute 4	80	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	384	2	6.40
5	Rute 5	40	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	197	1	3.28
6	Rute 6	40	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	194	1	3.23
7	Rute 7	34	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	222	1	3.69
8	Rute 8	30	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	178	1	2.96
9	Rute 9	36	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	207	1	3.45
10	Rute 10	35	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	191	1	3.19
11	Rute 11	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	225	1	3.75
12	Rute 12	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	191	1	3.18
13	Rute 13	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	198	1	3.30
14	Rute 14	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	206	1	3.43
15	Rute 15	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	192	1	3.20
16	Rute 16	35	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	178	1	2.97
17	Rute 17	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	221	1	3.68
18	Rute 18	35	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	227	1	3.79
19	Rute 19	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	187	1	3.12
20	Rute 20	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	195	1	3.25
21	Rute 21	36	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	178	1	2.97
22	Rute 22	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	207	1	3.45
23	Rute 23	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	183	1	3.05
24	Rute 24	25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	151	1	2.51
25	Rute 25	27	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	186	1	3.10
26	Rute 26	63	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	329	2	5.49
27	Rute 27	66	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	309	2	5.14
28	Rute 28	65	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	307	2	5.11
29	Rute 29	26	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	186	1	3.09
30	Rute 30	29	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	229	1	3.81
31	Rute 31	40	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	204	1	3.40

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**LAMPIRAN 12. Jadwal Keberangkatan Kendaraan Untuk Rute *Existing*.**

Produk		Jumlah Ritase	Jadwal Keberang katan	Kendaraan
No.	Grup			
1	Rute 1	1	11.00	K6
2	Rute 2	1	12.00	K17
3	Rute 3	1	11.00	K8
4	Rute 4	1	11.00	K9
5	Rute 5	0	0.00	0
6	Rute 6	2	8.00	K10
7	Rute 7	3	6.00	K4
8	Rute 8	2	8.00	K11
9	Rute 9	2	8.00	K12
10	Rute 10	1	12.00	K18
11	Rute 11	1	12.00	K19
12	Rute 12	1	11.00	K13
13	Rute 13	1	11.00	K15
14	Rute 14	2	7.00	K7
15	Rute 15	1	11.00	K16
16	Rute 16	2	7.00	K8
17	Rute 17	2	7.00	K9
18	Rute 18	2	6.00	K5
19	Rute 19	1	12.00	K7
20	Rute 20	1	10.00	K18
21	Rute 21	1	10.00	K19
22	Rute 22	1	10.00	K1
23	Rute 23	2	6.00	K6
24	Rute 24	1	10.00	K2
25	Rute 25	1	10.00	K3
26	Rute 26	1	10.00	K5
27	Rute 27	2	5.00	K1
28	Rute 28	1	9.00	K13
29	Rute 29	2	5.00	K2
30	Rute 30	1	9.00	K14
31	Rute 31	0	0.00	0
32	Rute 32	1	9.00	K15
33	Rute 33	1	9.00	K16
34	Rute 34	1	9.00	K17
35	Rute 35	2	5.00	K3

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LAMPIRAN 13. Jadwal Keberangkatan Kendaraan Untuk Rute Baru.**

Produk		Jumlah Ritase	Jadwal Keberang katan	Kendaraan
No.	Grup			
1	Rute 1	1	11.00	K4
2	Rute 2	2	6.00	K4
3	Rute 3	1	11.00	K5
4	Rute 4	2	6.00	K5
5	Rute 5	1	10.00	K9
6	Rute 6	1	10.00	K10
7	Rute 7	1	10.00	K11
8	Rute 8	1	12.00	K2
9	Rute 9	1	11.00	K6
10	Rute 10	1	11.00	K7
11	Rute 11	1	11.00	K1
12	Rute 12	1	10.00	K12
13	Rute 13	1	10.00	K13
14	Rute 14	1	9.00	K1
15	Rute 15	1	9.00	K2
16	Rute 16	1	9.00	K3
17	Rute 17	1	9.00	K7
18	Rute 18	1	9.00	K8
19	Rute 19	1	8.00	K11
20	Rute 20	1	8.00	K12
21	Rute 21	1	8.00	K13
22	Rute 22	1	8.00	K6
23	Rute 23	1	11.00	K3
24	Rute 24	1	7.00	K6
25	Rute 25	1	7.00	K7
26	Rute 26	2	5.00	K1
27	Rute 27	2	5.00	K2
28	Rute 28	2	5.00	K3
29	Rute 29	1	7.00	K8
30	Rute 30	1	7.00	K9
31	Rute 31	1	7.00	K10

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

#### LAMPIRAN 14. Kode LINGO Untuk Rute Tujuan *Existing*

```
sets:
Rute_tujuan/1..35/:Demand,CT,Rit;
jam_berangkat/1..11/;
rute_jam_hari(rute_tujuan,jam_berangkat):TS,X;
endsets

data:
TS=@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah THESIS\THESIS
NASIR\7 DES\INPUT DATA EKSISTING2.XLSX','TS');
Demand=@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah
THESIS\THESIS NASIR\7 DES\INPUT DATA EKSISTING2.XLSX','D_RATE');
CT=@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah THESIS\THESIS
NASIR\7 DES\INPUT DATA EKSISTING2.XLSX','C_TIME');
@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah THESIS\THESIS
NASIR\7 DES\INPUT DATA EKSISTING2.XLSX','OUTPUT')=X;
n=6;
enddata

min= Y;

@sum(Rute_tujuan(i): (Rit(i))*CT(i)) <= Y*11;

@for(Rute_tujuan(i):@sum(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j)) =
Rit1(i));

@for(Rute_tujuan(i):@sum(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j))>=Demand(i)
);

@for(jam_berangkat(j):@sum(Rute_tujuan(i):TS(i,j)*X(i,j))<=n);

@for(Rute_tujuan(i):@for(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j)<=3));

@sum(Rute_tujuan(i):@sum(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j))<=n*11;

@for(rute_jam_hari(i,j):@GIN(X(i,j)));

@GIN(Y1);
```

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN 15. Kode LINGO Untuk Rute Tujuan Baru.

```
sets:
Kota_tujuan/1..31/:Demand,CT,Rit;
jam_berangkat/1..11/;
kota_jam_hari(Kota_tujuan,jam_berangkat):TS,X;
endsets

data:
TS=@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah THESIS\THESIS
NASIR\7 DES\INPUT DATA 2.XLSX','TS');
Demand=@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah
THESIS\THESIS NASIR\7 DES\INPUT DATA 2.XLSX','D_RATE');
CT=@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah THESIS\THESIS
NASIR\7 DES\INPUT DATA 2.XLSX','C_TIME');
@OLE('D:\DHANI\Magister Teknik Industri\Bismillah THESIS\THESIS
NASIR\7 DES\INPUT DATA 2.XLSX','OUTPUT')=X;
n=5;
enddata

min= Y;

@sum(Kota_tujuan(i):(Rit(i))*CT(i)) <= Y*11;

@for(Kota_tujuan(i):@sum(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j)) =
Rit1(i));

@for(Kota_tujuan(i):@sum(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j))>=Demand(i)
);

@for(jam_berangkat(j):@sum(Kota_tujuan(i):TS(i,j)*X(i,j))<=n);

@for(Kota_tujuan(i):@for(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j)<=2));

@sum(Kota_tujuan(i):@sum(jam_berangkat(j):TS(i,j)*X(i,j))<=n*11;

@for(kota_jam_hari(i,j):@GIN(X(i,j)));

@GIN(Y1);
```

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Mukh. Nasir Ramdhani yang akrab dipanggil Nasir. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara lahir 12 April 1991 di kota Jember, Jawa Timur. Penulis menyelesaikan TK-SMP di lingkungan Pondok Pesantren Darul Ulum Jombang dan pendidikan SMA di SMAN 2 Jombang.

Penulis menempuh pendidikan S1 di program studi S1 Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Airlangga Surabaya selama 4 tahun (2009-2013). Penulis mengambil konsentrasi pada bidang Manajemen Operasi sebagai bidang keahlian. Penulis aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Prodi S1 Manajemen

UNAIR selama 2 tahun dan menjadi panitia beberapa kegiatan internal maupun eksternal seperti Ketua kegiatan *Preparation Program (PREPRO) of Student Association of Management Department* dan anggota sie publikasi dokumentasi kegiatan *International Conference in Organizational Innovation supported by International Association of Organizational Innovation (IAOI) – USA*. Penulis juga aktif sebagai anggota relawan sosial di Jombang dan Surabaya. Pada tahun 2014 penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan di jenjang S2 dengan tertarik mengambil konsentrasi Manajemen Logistik dan Rantai Pasok pada Program Pasca Sarjana Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Selama menempuh studi di Teknik Industri penulis banyak mendapatkan ilmu baru yang siap di aplikasikan pada dunia industri dan pekerjaan.

Penulis memiliki ketertarikan pada bidang logistik dan rantai pasok dengan penerapan langsung pada permasalahan yang nyata. Kritik, saran dan pertanyaan, penulis dapat dihubungi melalui email : [mukh.nasirramdhani@gmail.com](mailto:mukh.nasirramdhani@gmail.com)